

الفلسفة والفيزياء

الجزء الثاني

تأليف

د. محمد عبد اللطيف مطلب

الموسوعة الصغيرة

١٦٣

اهداءات ٢٠٠٤

الأستاذ / محمد نبيل
خبير حاسب آلي- الإسكندرية

الموسوعة الصغيرة

تصدرها

دائرة الشؤون الثقافية والنشر
بغداد / الجمهورية العراقية

رئيس التحرير	سكرتير التحرير
موسى كريدي	ماجد أسد

الموسوعة الصغيرة
(١٦٣)



١٩٨٥

الفيزياء والفلسفة الجزء الثاني

د. محمد عبد اللطيف مطلب

القسم الثالث

بعض النظريات الفيزيائية ومسائلها الفلسفية

الميكانيك علم يدرس حركة الاجسام والسستمات المادية بتأثير القوى ، و يقيم نظاما من المفاهيم والقوانين الاساسية ، او مباديء عامة مكافئة لها ، لوصف المسائل الميكانيكية وحلها عمليا .

والميكانيك الكلاسيكي ، أو مكيانيك نيوتن ، من نظريات الفيزياء الاساسية ؛ وهو يحتل موقعا خاصا بين فروع الفيزياء . فقد بدأ به تطورها ، واصبحت مفاهيمه العامة (كالشغل والطاقة والكتلة والقوة) وطرقه الرياضية (كمعالجة الحركة بواسطة معادلات تفاضلية وتكاملية) مفاهيم وطرقا اساسية لكل الفيزياء . وهو يعالج تغيرات المكان للاجسام الماكروسكوبية وتفاعلاتها الميكانيكية بصورة ملائمة بالدقة الممكنة . ويشتمل موضوع هذه النظرية على مجمل الاجسام الارضية والاجرام الفلكية الى درجة

مقربة تقريبا جيدا • وينطبق الميكانيك الكلاسيكي على
الاجسام التي تتحرك بسرعه صغيره جدا بالمقارنه مع
سرعه الضوء ، والتي ابعادها كبيره بالمقارنه مع قطر
الذره ، وصغيره بالمقارنه مع الابعاد الكونية الشاسعه ،
وحيثما يكون الفعل (حاصل ضرب الطاقة بالزمن)
مع كواتم الفعل لبلائك • هذه الحدود المرسومه
لمجال صحه الميكانيك الكلاسيكي لم يضعها الميكانيك
الكلاسيكي نفسه ، انما تبينت في عمليه تطور نظريات
فيزياويه اعم •

وجدت اولى الافكار في الميكانيك لدى ارسطو •
وكان البحث عن فعل القوى الفيزياويه على حركه
الاجسام نقطه انطلاق في هذا الموضوع • فقد اعتقد
ارسطو ان الجسم يبقى متحركا ما دامت تعمل عليه
قوة محركه بصورة مباشره ؛ فان توقفت تلك القوة
عن العمل ، أوقف الجسم اتصاله بها ، توقف الجسم •
وقد نشأت فكره الحركه في الميكانيك الكلاسيكي

وتبلورت في الصراع مع فكرة الحركة الارسطية التي سادت ما يقرب من ألفي سنة .

ارتبطت مسألة الجاذبية بنشأة الميكانيك ارتباطا وثيقا . وساهمت صورة العالم الكوبرنيكية بشكل حاسم في تطوير الافكار الحديثة في هذا العلم . فاكتشف كبلر قوانين حركة الكواكب حول الشمس ، واسس غاليليو بطريقته التجريبية - الرياضية الفيزياء الجديدة بصورة عامة، والديناميك على وجه الخصوص . وواصل هيجنس هذا الاتجاه في القرن السابع عشر ، وبلغ نيوتن القمة في هذا المسعى ، اذ اكتشف مع لايبنتس في نفس الوقت الاداة الرياضية الضرورية - حساب التفاصيل والتكامل - لايصال علم الميكانيك الى ذروته .

يتميز الميكانيك الكلاسيكي عن ميكانيك العصرين القديم والوسيط بفكرة جديدة عن « القصور الذاتي » (الاستمرارية) inertia وفكرة جديدة عن

فعل القوة • وقد صاغ نيوتن هذه الافكار في قوانين (سماها بديهيات axioms) تنص على ما يلي :

القانون الاول (قانون القصور الذاتي) يكون الجسم المتحرر من فعل القوى في حالة سكون او في حالة حركة متسقة مستقيمة في مرجع معين • ويسمى المرجع الذي تنسب اليه حركة ذلك الجسم « مرجعا تصوريا » ، وتنسب قوانين الميكانيك الاخرى الى هذا المرجع •

القانون الثاني (القانون الاساسي في الميكانيك) :

القوة العاملة على الجسم (النقطة الكتلية) تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في تعجيله (أو مشتقة الزخم بالنسبة للزمن

$$F = \frac{d(mv)}{dt}$$

القانون الثالث (قانون التفاعل) : القوة التي يمارسها جسم آخر تساوي القوة التي يمارسها الجسم الثاني على الجسم الاول وتعاكسها في الاتجاه (أو : الفعل يساوي رد الفعل ويعاكسه في الاتجاه) •

نجح نيوتن في ميكانيكه بشكل قاطع في معالجة
« فيزياء الارض والسماء » ، أي حركات الكواكب
والاجسام الماكروسكوبية على الارض في نظرية موحدة.
وبهذا وضعت مقابل صورة العالم الارسطية التي سادت
قرابة ألفي سنة اول صورة فيزيائية موحدة للعالم ،
مفاهيمها الاساسية : الفضاء والزمان والحركة والقوة
والكتلة . وقد عرف نيوتن الكتلة كحاصل ضرب
كثافة الجسم في حجمه . واعتبر الفضاء والزمان في
ميكانيكه « مطلقين » ، أي مستقلين عن المادة وحركتها ،
ولا يتأثران بها . وبقي الأمر كذلك حتى نشوء النظرية
النسبية . وكان الموديل الاساسي في الميكانيك هو
« النقطة الكتلة » .

اعتقد نيوتن أن الاله قد اعطى الاجرام السماوية
« الدفعة الاولى » فحركها ؛ ثم لم يتدخل بعد ذلك الا
لأصلاح الأختلال الذي يحصل في حركة الكواكب حول
الشمس جراء تأثير بعضها على بعض . ولكن « الدفعة

الاولى » تلك لم تكن جزءا ضروريا من النظرية الفيزيائية . وقد بينت الحسابات التالية (اويلر ، لابلاس ، كاوس) ان استقرار النظام الشمسي مضمون لأزمان مديدة جدا .

تطور الميكانيك في القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر تطورا يسمى احيانا بـ « بلوغ صياغة الميكانيك درجة الكمال » . فقد وسع ليشمل حركة سستمات النقاط الكتلية والأجسام الصلده والسائلة على يد اويلر والامير وانيل برنولي وبوانسو . وطورت الطريقة التحليلية التجريدية في معالجة المسائل الميكانيكية على يد اويلر ودالامير برنولي وبوانسو . وطورت وفي تشييد صرح الميكانيك هذا لم يغير هيكل المفاهيم ولا البنية الأساسية للنظرية تغيرا جذريا .

ثبتت نظرية الميكانيك بشكل باهر في التطبيق ، ومددت في الزمن اللاحق لتشمل ظواهر لم تكن مفهومة آنذاك . وفي التطور التالي بذلت المساعي لأرجاع كل

الفيزياء الى الميكانيك * واصبحت بنية هذه النظرية ،
وهي اولى نظرية فيزيائية - رياضية ، نموذجاً لبناء
النظريات الفيزيائية التالية ؛ ولم تتبين حدودها الا في
مجرى تطور الفيزياء *

نشأت اولى الشكوك في الصحة الشمولية للميكانيك
الكلاسيكي عند تطوير الترموديناميك ، خاصة القانون
الثاني منه * كما نشأت صعوبة في تفسير انتقال الضوء
بتصورات ميكانيكية * فقد كان انتقال الضوء يفسر
بواسطة موديلات ميكانيكية مختلفة « للآثير » * ولكن
التصورات الاثيرية اصبحت بعد ذلك مصدر متاعب
للميكانيك - كما قال ماكس بلانك * وقد طور
ماكسويل الألكتروديناميك الذي يمكن ان يضم بدور
تغيير الى فيزياء خالية من الآثير * وبالرغم من ان
ماكسويل عند تطويره الألكتروديناميك قد استخدم في
البدء موديلات ميكانيكية ، فقد فتحت نظريته ثغرة
واسعة في صورة العالم الميكانيكية لفيزياء القرن

التاسع عشر • وقد بينت الفيزياء الاحصائية والنظرية النسبية والميكانيك الكوانتي بصورة نهائية حدود الميكانيك الكلاسيكي • ففي الميكانيك النسبي تم توسيع الميكانيك ليشمل اية سرعة مسموح بها فيزيائيا • اما قوانين حركة الجسيمات الميكروسكوبية فقد عالجها الميكانيك الكوانتي غير النسبي • واما توحيد الميكانيك النسبي والميكانيك الكوانتي في ميكانيك كوانتي نسبي فلم يتم حتى الان بصورة كاملة وناجحة •

اصبح الميكانيك الكلاسيكي سندا علميا — طبيعيا اساسيا للأفكار الفلسفية عن وحدة العالم المادية • وكان بناؤه عملية جدلية ظهرت في صياغة المقادير والمفاهيم الفيزيائية ، وفي الرابطة الجدلية بين طرق البحث التجريبي والنظري وجدلية العناصر التجريبية والعقلانية والعقلاني في بناء النظرية •

على اساس الميكانيك الكلاسيكي الناجح تولى الاعتقاد بأن جميع القوانين الموضوعية يمكن ارجاعها

الى قوانين الميكانيك الكلاسيكي . هكذا كان الحال في «المادية الميكانيكية» التي كانت تستند الى علوم الطبيعة في القرن الثامن عشر ؛ ولذلك كانت الفكرة مرتبطة بمستوى العلم آنذاك . فتعميم قوانين نيوتن (لاگرانج ، هاملتون) جعل بالمستطاع وصف حركات منظومات ميكانيكية بالغة التعقيد ، بحيث نشأ الاعتقاد بأن حل المعادلات التفاضلية للحركات الميكانيكية يكفي لتفسير كل ما يحدث في الطبيعة (حتمية لابلاس) . هكذا اختزلت جميع انواع الحركة الى النوع الميكانيكي ، وكان النوع الوحيد المعترف به من الحركة هو تغير المكان ميكانيكيا . وساد الشعور في القرن التاسع عشر بأن الحقيقة النهائية قد كشف عنها ، واعتبرت الموديلات الميكانيكية تجسيدا للمعرفة العلمية ، ونقلت البنى الرياضية المستخدمة بنجاح في الميكانيك الكلاسيكي الى جميع الروابط في الواقع الموضوعي ، واعتبرت تلك العلاقات الرياضية مساوية للعلاقات الموجودة في ذلك الواقع .

كان نيوتن قد كتب في كتابه الرئيسي « الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية » الذي اعطى للميكانيك الكلاسيكي شكلا متكاملا : « اتمنى لو استطعنا تفسير ظواهر الطبيعة الأخرى بمبادئ ميكانيكية بنفس النوع النوع من الاستنتاجات » (٢٩) . من هذه الكلمات يتضح ان نيوتن نفسه كان اكثر حذرا من اتباعه وخلفائه في تقديم منهاج البحث هذا الذي يتماشى مع المادية الميكانيكية . فالأفكار المادية الميكانيكية التي عرضها عن بنية المادة وحركتها قد وصفها بـ « الأمكانية » ، ولم يقدمها كحقيقة نهائية كما فعلت المادية الميكانيكية في القرن الثامن عشر . لقد كان تفكير نيوتن مختلفا عن التفكير الميكانيكي الميتافيزيقي . وقد بين تطور العلم ان المنهاج الذي بدأ بغاليليو ، ووصل الى الماديين الفرنسيين عبر نيوتن ، في ارجاع جميع ظواهر الطبيعة الى حركات ميكانيكية غير قابلة التحقيق ، ولا يمكن التمسك به حتى داخل الفيزياء .

فقد ابان تطور الفيزياء ، لاسيما الألكتروديناميك والضوء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر ، والفيزياء الحديثة في القرن العشرين ، ان الصورة الميكانيكية عن الطبيعة محدودة ومبسطة . فمعادلات ماكسويل الكهربامغناطيسية التي تبين تغير المجال الكهربامغناطيسي في الفضاء والزمان لا يمكن ارجاعها أو اختزالها الى معادلات الميكانيك الكلاسيكي ؛ وهي مختلفة عن هذه نوعيا ، وتخص بحقول أخرى من أحداث الطبيعة . وقد تبينت محدودية مفهوم « الحالة » الميكانيكي ، فوسع هذا المفهوم ليعني مجموع الصفات النوعية والكمية التي يحوزها الجسم أو السستم في زمن معين . وبذلك تدخل في هذا التعريف الصفات الميكانيكية والكهربامغناطيسية والكيمياوية والبيولوجية ...

والميكانيك وحده لا يستطيع تفسير العمليات المعقدة في الطبيعة ، وهو اعجز مع العمليات النفسية والاجتماعية . فالتفكير الميكانيكي ينظر الى المنظومة

الميكانيكية وسلوكها من مجموع اجزائها المفردة وحركات هذه الأجزاء فقط ، ولهذا فهو يعجز عن تفسير الصفات والمظاهر الجديدة التي تكتسبها المادة حينما تتكون بنى وتراكيب من نوعية جديدة . فالاشكال العليا لحركة المادة تختلف عن شكل الحركة الميكانيكي ، وهي نوعيات جديدة نشأت نتيجة لتطور المادة . ولم يكن بامكان الميكانيك ان يفسر الظواهر الكهربائية والكيميائية ، بل التطور العضوي والاجتماعي .

لا تلعب فكرة التطور في فيزياء نيوتن اي دور . وقد استغل هذا للزعم بأن الميكانيك الكلاسيكي اسلوب ميتافيزيقي في التفكير . ولكن هذا لا ينطبق الا على نظرة المادية الميكانيكية الميتافيزيقية المتخذة خارج الميكانيك الكلاسيكي ، والتي لا يؤيدها الميكانيك الا حينما ينظر اليه كنظام من مقولات عن اشياء مادية لا تتغير . ولكن هذه ليست صفة لازمة له ؛ يدل على ذلك كتاب كانت « تاريخ الطبيعة العام ونظرية السماء »

(١٧٥٥) ، فقد حاول كانت اقامة نظرية عن نشوء النظام الشمسي وتطوره ، اعتسدا على ميكانيك نيوتن .

ليس من الصحيح ان يطلب من نظرية الميكانيك ،
أو اية نظرية فيزيائية ، ان تنطلق من قابلية تغير جميع
الظواهر والعمليات في الواقع الموضوعي ، أو ان تستوعب
الرابطه الكونية بكليتها ، فذلك يعني بالتأكيد اعاقه
تطوير اية نظرية فيزيائية . فلتطوير الميكانيك
الكلاسيكي أو أي حقل من حقول الفيزياء والعلوم
الآخري ، من الضروري الاعتراف بإمكان فصل الأشياء
والظواهر والعمليات (فكريا أو تجريبا) ، وعزلها عن
الرابطه الكونية الشاملة ، واعتبار القوانين المكتشفة لتلك
الحالات المعزولة في ظروف معينة ممثلة لعلاقات عامة ،
ضرورية ، جوهرية ، للأجسام المعنية في الرابطه الكلية .
لا يمكن ان تكون طريقة التفكير المستخدمة في
الميكانيك ميتافيزيقية الا حينما يستنتج المرء من صحة
قوانينه المنطبقة على حركة الأجسام الماكروسكوبية ،

ان تلك الأجسام نفسها لا متغيرة ؛ أي يجب التفريق بين التجريدات التي اعتمدت عليها النظرية في معالجتها حركة الأجسام • وبين الأجسام الواقعية التي تعالجها تلك النظرية •

من هذا يتضح ان « المادية الميكانيكية » ليست تتاجا مباشرا للميكانيك ، وهو لا يقود اليها بذاته ، انما هي نتيجة فهم الميكانيك فهما ميتافيزيقيا ، وتعميم هذا الفهم الى فكرة فلسفية • والميكانيك نفسه ليس « ميكانيكيا » ! أي انه ليس ميتافيزيقيا ••

ان الفيزياء لا تلد الفلسفة بنفسها • والانتقال من الميكانيك الكلاسيكي الى الميكانيك النسبي (النظرية النسبية) ليس انتقالا من التفكير الميتافيزيقي الى التفكير الجدلي • فأن كانت كتلة الجسم مثلا تعتبر في الميكانيك الكلاسيكي مقدرا ثابتا ، فليس ذلك تعبيرا عن قصور في التفكير الجدلي • وحدود الميكانيك الكلاسيكي ليست حدودا بين التفكير الميتافيزيقي والجدلي •

الثرموديناميك

الثرموديناميك حقل من حقول الفيزياء يعالج الظواهر والخواص الحرارية للأظمة (السستات) الماكروسكوبية . ويدرس الثرموديناميك الكلاسيكي الحالات المتوازنة ، التي تتعين بجموعة من المقادير الثرموديناميكية (الضغط ، الحجم ، درجة الحرارة ، الطاقة الداخلية والحرارة للسستم) . وهذه المقادير ليست مستقلة عن بعضها عموما ، انما ترتبط ببعضها بمعادلات الحالة . وتغير السستم من حالة متوازنة الى حالة اخرى ، والطاقة الحرارية والميكانيكية المصاحبة بذلك ، يمكن ان تحسب في الثرموديناميك باستخدام قوانينه الرئيسية . فالثرموديناميك الكلاسيكي يستطيع تقديم مقولات كمية عن التوازن الثرموديناميكي فقط ، اما العمليات اللامتوازنة فيعالجها ثرموديناميك العمليات الانعكاسية معالجة كمية .

من الناحية التاريخية تطور في البداية
« الثرموديناميك الظواهرى » الذي يعالج الخواص
والعمليات الماكروسكوبية المرئية ، دون الاهتمام
بالخواص والعمليات الذرية والجزيئية • ثم نشأ بعد
ذلك « الثرموديناميك الأحصائي » ، الذي يعتمد على
حركة الذرات والجزيئات وتفاعلها •

تحول « علم الحرارة » الى « الثرموديناميك »
كجزء من الفيزياء النظرية خلال النصف الاول من
القرن التاسع عشر • وكان العامل الحاسم في ذلك
هو التحرر من القيد الفكرى القائل بأن كل موضوع
نظري في الفيزياء يجب ان يكون جزءاً من الميكانيك ،
وهو تفكير كان يغذيه تصور ان الحرارة مادة

« صفتية » • وقد قام فورييه J.B. Fourier

عام ١٨٢٢ بأول خطوة اساسية نحو نظرية ثرموديناميكية
مستقلة عن الميكانيك ، اذ درس اساليب قياس كميات

الحرارة بصورة منتظمة ، وعالج ظواهر التوصيل
الحراري معالجة رياضية . وكان يهتم بأن تكون
نظريته عن الحرارة دقيقة دقة الميكانيك ، رغم انها
ليست جزءاً منه . وبهذا تجاوز صورة العالم الميكانيكية
في عصره ، ولو انه بقي متمسكا بفكرة ان الحرارة مادة
صفية .

وانطلق كارنو S. Carnot ايضا في بحثه

« قوة النار المحركة » (١٨٢٤) من التصور الصفتي
للحرارة ، حيث اشتق مقدار الشغل الميكانيكي المنجز
عند انخفاض درجة حرارة مقدار ثابت من «المادة
الحرارية» من مستوى اعلى الى مستوى اوطأ
وكان اهم ما في بحثه مقولات عن مقدار الشغل
الذي يحدد اكبر نجاعة يستطيع التطور التكنيكي ان
يتوصل اليها ، والطرق اللازمة لذلك . هنا كان كارنو
يعتبر الحرارة شكلا من اشكال الطاقة ، اذ طور

افكارا عن العلاقة الكمية بين وحدات الحرارة والطاقة
الميكانيكية .

كانت صياغة القانون الرئيسي الأول للثرموديناميك
الذي ادى الى مفهوم موحد عن الطاقة تتويجا
لأعمال سابقة قام بها العديد من العلماء . وقد ساهمت
في تلك الصياغة بصورة مباشرة بحوث روبرت ماير
R. Mayer (١٨٤٢) النظرية ، ودراسات جيمس

حول J. Joule التجريبية (في نفس الوقت تقريبا) .
وقد حسب ماير المكافئ الميكانيكي للحرارة اعتمادا
على الحرارتين النوعيتين للهواء : تحت حجم ثابت وتحت
ضغط ثابت . وصاغ هلمهولتز Helmholtz

(١٨٤٧) هذا القانون صياغة دقيقة لأول مرة .
ادى التطور التالي للثرموديناميك في القرن
التاسع عشر الى ارجاع مفاهيمه الأساسية الى مفاهيم

من ميكانيك سستمات ذات عناصر هائلة العدد • وقد قام بولتسمان Boltzmann بالأنجاز الحاسم بهذا الصدد بفكرته الإحصائية التي ادخلها في الترموديناميك فالفيزياء الإحصائية تفسر الكميات القابلة للقياس في الترموديناميك (درجة الحرارة ، الضغط ، كمية الحرارة) بواسطة حركة الدقائق الصغرى للمادة ، وتعتبر الحرارة طاقة حركية للجزيئات •

اما القانون الرئيسي الثاني للترموديناميك فقد اقترب منه كارنو (١٨٢٤) في بحثه في عملية الدورة الترموديناميكية ، وابدع شكله النهائي منذ عام ١٨٥٠ كل من وليام تومسون (لورد كلفن)

Kelvin وروودولف كلاوزيوس R. Clausius

الذي طور مفهوم الأنتروبي بصورة واضحة • ووصل الترموديناميك ببحوث جبر J.W. Gibbs درجة

عالية من التجريد والأستقلال عن الأفكار المتعلقة
ببنية المادة .

كان للثرموديناميك الكلاسيكي تأثير كبير على
تطور الفيزياء اللاحق . فقد طور بلانك نتائج
الدراسات عن « اشعاع الجسم الأسود » (يسمى
أحيانا اشعاع الكهف) ، ووضع فرضية جديدة عن
طاقة الأشعاع ، ظهر فيها لأول مرة « كوانتم الفعل » h
(ثابت بلانك) . وكانت النتائج المشتقة من هذه
الفرضية تطابق المعطيات التجريبية المقاسة . ولم
يستطع الثرموديناميك الكلاسيكي تفسير الحرارة
النوعية للأجسام الصلبة في درجات الحرارة الواطئة ،
فتوصل آينشتاين الى هذا التفسير بالاستعانة بفرضية
بلانك . واكتشف نرفست W. Nernst القانون
الثالث للثرموديناميك عام ١٩٠٦ .

تركز البحث في القرن العشرين بالمقام الأول في مجالات درجة الحرارة غير المألوفة (الواطئة جداً والعالية جداً) والعمليات اللا انعكاسية .

قوانين الترموديناميك الرئيسية

قوانين الترموديناميك الرئيسية قوانين تجريبية عامة أساسية تحكم السستمات الترموديناميكية ، ويمكن اشتقاقها من الأحصاء ، خاصة الأحصاء الكواتي . وهي ثلاثة ، يضاف إليها أحياناً « قانون الصفر » ، ويغض النظر عنه أحياناً أخرى ، إذ يعتبر وجوده أمراً مفهوماً مسلماً به سلفاً . وكما سيتبين ، يمكن صياغة القانونين الأول والثاني صياغات متعددة متكافئة .

قانون الصفر (قانون درجة الحرارة) : ان جسمين يجري بينهما تبادل حراري مدة كافية ، يوجدان بحالة موحدة تكون فيها « درجة الحرارة » مقياساً خاصاً

جديداً للحالة ، ويكون لكل من الجسمين نفس درجة الحرارة ، ويوجدان في توازن حراري .

القانون الأول (قانون الطاقة) اعتمد على اكتشاف ان الحرارة شكل من اشكال الطاقة ، تظهر بهيئة الطاقة الحركية للذرات والجزيئات (تكافؤ الحرارة والشغل الميكانيكي) ، وعلى الحقيقة الثابتة تجريبياً في ان اشكال الطاقة (الميكانيكية ، الحرارية ، الكهربائية ، الكيميائية ، ...) يمكن ان تتحول الى بعضها بنسبة ثابتة . وينص هذا القانون على ان : الطاقة الكلية المحتواة في سستم معزول مغلق (وهو الذي لا يستلم طاقة من الخارج ولا يسربها اليه) تبقى ثابتة . فأن اختفت كمية من نوع من الطاقة، نشأت نفس الكمية من الطاقة من نوع آخر . واذا أدخل الى السستم مقدار من الحرارة ΔQ ازدادت الطاقة الداخلية بمقدار ΔU من ناحية ، وانجز السستم شغلا نحو الخارج ΔW ، بحيث ان

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

• ويمكن صياغة القانون الأول ايضاً كما يلي : الماكينة المستديمة من النوع الاول مستحيمة • ويقصد بـ « الماكينة المستديمة » تلك الماكينة التي تنجز شغلا دون ان تدخل اليها كمية مكافئة من طاقة اخرى ، او بدون ان ينقص ماكان فيها من طاقة •

القانون الثاني (قانون الأنتروبي) يكمل القانون الأول ، وينبئنا بالأنجاء الذي تجري به تحولات الطاقة في سستم متروك لسانه (دون تدخل من الخارج) ويعتمد هذا القانون على الحقيقة التجريبية الثابتة في ان كمية معينة من الحرارة لايمكن تحويلها كلها الى شغل ميكانيكي تماما • ويمكن ان يصاغ هذا القانون كما يلي : الحرارة لا تنتقل بذاتها تلقائيا (دون فعل خارجي) من جسم ابرد الى جسم اسخن ، او بشكل اعم : كل حدث في الطبيعة يجري بحيث ينتقل السستم من حالة اقل احتمالا الى حالة اكثر احتمالا • وادق

صياغة لهذا القانون يمكن التوصل اليها بمساعدة مفهوم « الأنتروبي » $entorpy$ اذ تنص جينذاك على ان ، في سستم مغلق يبقى الأنتروبي في العملية الانعكاسية ثابتا ، وفي العملية اللانعكاسية يزداد دائما ، $AS = 0$ (قانون الأنتروبي) * ومن المعروف ان العمليات الماكروسكوبية في الطبيعة لا انعكاسية * وهناك صياغة مكافئة لذلك تنص على ان : الماكينة المستديمة من النوع الثاني مستحيلة * والمقصود بهذا النوع من الماكينة تلك التي تعمل دوريا فتقوم بشغل بأن تستمد حرارة من مخزن حراري يتبرد بهذه العملية (صياغة كلفن وبلانك) * مثال ذلك : من غير الممكن ان تتحرك سفينة بشكل دائم بأن تأخذ الحرارة اللازمة لها من البحر ، فيتبرد بذلك مائوه *

القانون الثالث (نظرية نرنست الحرارية) ، يعالج سلوك الأنتروبي قرب درجة حرارة الصفر المطلق

ويعتمد على الحقيقة التجريبية التي تبين ان في درجات الحرارة الواطئة جدا لا تتغير « الطاقة الداخلية » و « الطاقة الحرة » في الأجسام النقية المتسقة ، الصلبة والسائلة ، الا تغيرا ضئيلا جدا . وهذا يعني : تجري جميع الاحداث قرب الصفر المطلق دون تغير في الانتروبي ، أي انها هنا انعكاسية . فعند التقرب من الصفر المطلق يصبح معامل التمدد والحرارة النوعية في الضغط الثابت والحرارة النوعية في الحجم الثابت صفرا . وينتج من هذا ان : من المستحيل الوصول الى الصفر المطلق ، ولا يمكن التقرب منه الا اسيمتوتيا .

التفسيرات الفلسفية للقانون الثاني للثرموديناميك

لم يؤد القانون الأول للثرموديناميك الى مشاكل في المفاهيم ، أو الى استنتاجات متنازع عليها ، سواء من وجهة تحول الشغل الميكانيكي الى حرارة ، أو من وجهة استحالة الماكنة المستديمة من النوع الاول . اما

القانون الثاني فأكثر تعقيدا ، لأن توليد الانتروبي المستمر يفسر بأشغال مختلفة : مثل : « الموت الحراري » للعالم ، وتوجهه الى حالة قصوى من « اللا انتظام » •

أ - الانتروبي والموت الحراري

الانتروبي يعني في اللغة قابلية التحول ، وهنا يقصد به قابلية تحول الطاقة • وقد اتى كلاوزيوس بهذا التعبير الى الترموديناميك عام ١٨٦٥ كمقدار في حالة فيزيائية يعطي درجة اللا انعكاس في العمليات الترموديناميكي ، وخاصة تحولات الطاقة •

قانون الطاقة (القانون الاول للترمو ديناميك)
وقانون الانتروبي (القانون الثاني) يعالجان ظواهر مختلفة • فالقانون الاول يثبت تكافؤ الطاقة الحرارية مع الطاقة الميكانيكية ، دون ان يقول شيئا عن امكان جريان العملية الطبيعية أو اتجاهها ، بينما القانون

الثاني يفسر العديد من المشاهدات والخبر العملية التي تبين الثاني ان التغيرات الماكروسكوبية في الطبيعة ذات اتجاه ، ولها صفة لا انعكاسية ، مما قد يساعد في تفسير اتجاه الزمن . والعمليات الماكروسكوبية اللاانعكاسية في الطبيعة ، كالأحتكاك وتوصيل الحرارة والتنافذ في الغازات والسوائل تؤدي دائما الى زيادة الأنتروبي .

تطور مفهوم الأنتروبي بمرحلتين . ففي المرحلة الأولى (كلاوزيوس) كانت فكرة الأنتروبي تقتصر على الحالة الماكروسكوبية ، ولها صفة ثرمو ديناميكية — ظواهرية . وفي المرحلة الثانية (بولتسمان ، بلانك) حل الفهم الاحصائي — الأحتتمالي لقانون الأنتروبي ، اذ اصبحت احداث الطبيعة تفسر ميكروسكوبيا ، أي اعتمادا على حركة الذرات والجزيئات . وتتلخص هذه النظرة بأن تغيرات الأجسام الفيزيائية تجري من حالة ذات احتمال اقل الى حالة ذات احتمال اكبر .

ذهب بعض الفيزيائيين الى امكان تطبيق القانون الثاني للثرمو ديناميك على الكون كله باعتباره مستمرا ثرمو ديناميكيا متناهيا مغلقا . فقد ذهب و . تومسون (لورد كلفن) عام ١٨٥٢ الى ان « الاتجاه العام في الطبيعة هو تبديد الطاقة الميكانيكية » . وصاغ هلمهولتز فرضية « الموت الحراري » للكون صياغة صريحة لأول مرة عام ١٨٥٤ . وبعد ايراد مفهوم الأنتروبي الى الثرمو ديناميك صيغت هذه الفكرة بشكلها الحديث القائل ان الكون كسستم ثرمو ديناميك متناه مغلق يسعى الى حالة توازن ، حيث يصل الأنتروبي قيمته القصوى ، وتتحول كل انواع الطاقة الى طاقة حرارية ، وتختفي الفروق في درجات الحرارة . وينتج من هذا ان المادة تتحول الى دقائق ليس بإمكانها ان تتفاعل فيما بينها . ولا يمكن لهذه الحالة ان تتحقق الا بطريقتين : فاما ان الدقائق لا تستطيع التفاعل فيما بينها لأنها لا تلتقي ببعضها ، أو انها رغم التقائها ليس لها ما يكفي

من الطاقة للتأثير على بعضها • ولا يمكن ان تجري بعد ذلك عمليات ماكرو سكوبية دون دفعة « من الخارج » • والسستيمات من هذا النوع لا تستطيع ان تنتقل بنفسها الى حالة يمكن فيها ان ينمو الاثروبي • فالتفاعلات المتبادلة بين العناصر تتوقف ، ويمسي التطور مستحيلا • لهذا ففرضية الموت الحراري للكون هي في نفس الوقت فرضية « الموت البارد » لكل الحياة في الكون •

تتجاوز هذه الفرضية اهميتها الفيزيائية بسبب نتيجتها تلك • فقد استنتج الفلاسفة المثاليون ان تلك الحالة تعني نهاية العالم ، وان الكون الميت لا يمكن ان يعود للحياة الا بواسطة قوة « من خارج » الطبيعة ، يجب ان يسلم بها لكي يكون للعالم بكل ما فيه من اشكال الظهور المتعددة بداية ، كما كانت له نهاية • وقد بشر بهذه الفرضية فيزيائيون وفلكيون بارزون كجيمس جينز وادنغتون (انكلترا) • كل ذلك يفسر

انتشار فكرة الموت الحراري للكون في البلدان
الرأسمالية .

وقد جرت على هذه الفرضية بعض التحويلات
التي تتصل بتطور ثرموديناميك السستيمات المفتوحة .
ولكن ذلك يطرح مسائل علمية اختصاصية عديدة لم
يتم حلها حتى الآن ، منها : مسألة البنية الفيزيائية
للكون ، مسألة امكان اعتبار الكون سستما ثرموديناميكيا
مفتوحا ، وما اذا كانت المعالجة الثرموديناميكية في هذه
الحال معقولة اطلاقا .

تتمتع فرضية الموت الحراري بأهمية نظر عالمية
مباشرة . فهي تناقض الموضوعات المادية في التعدد
اللانهائي لأشكال ظهور المادة في الفضاء والزمان ،
وجدلية النهائية واللانهاية .

ان العمليات المرصودة في الكون تناقض فرضية
الموت الحراري ؛ اذ تجري عمليات كونية تنشأ فيها

اجرام جديدة ، وتندثر اخرى ، وتحصل انفجارات هائلة
في نوى المجرات ، وترتبط نجوم بأخرى • وليس لدينا
حول ما يجري هنا من عمليات تحول الطاقة الا فرضيات
اولية • وحل هذه المسألة واجب يقوم به البحث المقبل •

يحاول بعض الفلاسفة التأكيد باسم المادية على
سيادة القانون الأول للثرموديناميك ، ويذهبون الى ان
الأعتراف بشمولية صحة القانون الثاني بدون قيد
يعني نفي صحة القانون الاول ، أو قانون حفظ الطاقة •
هذا تفسير خاطيء لقوانين الثرموديناميك • فقانون حفظ
الطاقة لا يقول شيئاً عن نوع الطاقة التي تحفظ ، انما
يقتصر على القول : ان مجموع الطاقة يبقى ثابتاً • وهو
لا يناقض القانون الثاني الذي يعالج ظواهر وحقائق
اخرى — كما سبق وان قلنا ؛ وكل منهما يتمتع بصحته
واستقلاله • اما التشكيك بصحة القانون الثاني ، أو
الايحاء بمحدودية فعله ، من اجل تجنب فرضية المون
الحراري ، فهو بجانب العلم ويتعد عنه • فمن الخطأ

التشكيك بصحة الفحوى الموضوعي لقوانين الطبيعة ،
من اجل تفنيد التفسيرات غير الصحيحة لتلك القوانين أو
الاستنتاجات المغلوطة منها • والموقف الصحيح هو تبيان
الظروف الموضوعية التي تنطبق فيها تلك القوانين •
اما نعت القانون الثاني بأنه لا يصح بشكل صارم بسبب
صفته الاحتمالية ، فلا يمكن ان يعتبر حلا للمسألة ، لأن
المقولات الاحتمالية هي قوانين موضوعية ايضا — أي
روابط تصف خواص سستيمات مادية •

من القضايا التي يستمر البحث بها بهذا الصدد
لأيجاد حل علمي لها هي :

— هل تترك المقولات الاحتمالية عن السستيمات
الثرموديناميكية امكانيات غير محتملة مفتوحة ؟
— هل هناك في النظريات الحديثة ما يناقض القانون
الثاني للثرموديناميك ؟

— أي ارتباط يوجد بين الاتروبي والأنتظام أو اللا
انتظام ؟

الانتروبي والانتظام والالانعكاس والتطور

في التأويل الاحصائي (الاحتمالي) للثرموديناميك
تنتشر النظرة في اعتبار الحالة الأكثر احتمالا وكأنما
هي الحالة التي يكون فيها اللا انتظام على اشدّه .
فالعالم - حسب تلك النظرة يتحرك من حالة منظمة ،
ولكنها اقل احتمالا ، الى حالة استقرار لا انتظام فيها ،
ولكنها اكثر احتمالا . قد ينطبق هذا الوضع على
الغازات المثلى . ولكن النظام يعني تكوين بنى وسستيمات
تعمل فيها قوانين جديدة ، وتحصل فيها تفاعلات جديدة .
ففي سستم الهيدروجين - الأوكسجين - الماء مثلاً
يكون الماء في الظروف الاعتيادية الحالة الأكثر احتمالا ،
ولكنها بدون شك الاكثر انتظاما . وهناك امثلة عديدة
يتبين فيها ان تكون البنى يرتبط بزيادة الأحتمال ، أي
بزيادة الانتروبي . لهذا فالأنتظام هنا (وكذلك اللا
انتظام) مفهوم اثروبومورفي (أي يتعلق بالانسان)
يربط بالطبيعة بشكل اعتباطي .

من البين ان الطبيعة قد تطورت ، و تتوج هذا التطور بالحياة والأنسان . وقد جرت عمليات هذا التطور باتجاه لا انعكاسي ، يجد تفسيراً له في مبدأ زيادة الأنتروبي . فلا انعكاسية عمليات الطبيعة قد جعلت بالأمكان تكون مادة ذات بنية عالية التنظيم ، وهذا عكس ما تتطلبه فرضية الموت الحراري ، رغم زيادة توليد الأنتروبي في مجمل السستم .

يمكن تلخيص البحث حول هذه القضية بما يلي :
— الاحداث البيولوجية تشتط بعمليات لاانعكاسية؛
لذلك يتمتع توليد الأنتروبي بأهمية حاسمة في
السستمات البيولوجية .

— التطور عملية لا انعكاسية .

— ربط زيادة الأنتروبي باللا انتظام اعتباطي
واثر بومورفي .

وعملية التطور ليست تتاليا ميكانيكيا ، فضائيا أو

زمانيا ، لحالات منفردة ، انما الحاسم فيها تكوين مستويات اعلى فأعلى لشكل وجود المادة ، أي حركتها • فتتظيم المادة الذي ازداد تعقدا ، وتكوين البنى المادية المعقدة ، هو الذي ادى الى نشوء الحياة وتطورها ، بما في ذلك التفكير والوعي • وهنا تلعب السستيمات الترموديناميكية دورا حاسما • فلم يمكن ان تبدأ هذه الظاهرة (الحياة) وتتطور حتى الآن لولا الصفة اللا انعكاسية لعملياتها الجزئية • والقانون الثاني لنشروويثاميك يعكس مجرى الطبيعة القانوني وملاؤه المهم – التطور ، الذي كان اعلى نتاج له الانسان •

النظرية النسبية

كان فشل تجربة ما يكلسون – مورلي التي اريد بها قياس سرعة الارض المطلقة في « الاثير الساكن » منطلقا للفيزيائي الهولندي لورنتس لوضع التحويلات المعروفة باسمه (تحويلات لورنتس) التي حاول بها ان يفسر هذه التجربة بتقلص اطوال الاجسام باتجاه

حركتها (تقلص لورنتس - فتزجرالد) وبالتالي ثبات سرعة الضوء عند قياسها في أي مرجع قصوري • وكان ذلك في الجوهر محاولة من لورنتس لتفسير نتيجة التجربة مع المحافظة على اسس الميكانيك الكلاسيكي وفكرة الأثير •

النظرية النسبية الخاصة والعامة

النظرية النسبية نظرية فيزيائية عن الرابطة بين الفضاء والزمان والحركة (النظرية النسبية الخاصة - ١٩٠٥) ، واعتماد البنية الهندسية للفضا زمان على توزيع المادة في الكون كنظرية للجاذبية (النظرية النسبية العامة - ١٩١٥) •

افترض آينشتاين في النسبية الخاصة ثبات سرعة الضوء في جميع المراجع القصورية ، أي استقلالها عن حركة مصدر الضوء والراصد ، كحقيقة فيزيائية بينها الواقع ، وعمم مبدأ النسبية الغاليلي الكلاسيكي (القائل بأن قوانين الميكانيك تبقى هي هي في جميع

المراجع القصورية) • بحيث أصبح يشمل جميع قوانين
الميزياء • واستنتج من هاتين الفرضيتين نتائج لم تكن
ممكنة في اطار الميكانيك الكلاسيكي • واهم تلك
النتائج هي :

أ - نسبية المسافة (تقلص الاطوال باتجاه

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad \bullet \text{ (الحركة)}$$

ب - نسبية الزمن (تمدده ، تباطؤه حسب
السرعة) :

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

ج - نسبية التوقيت ، أي ان حادثتين متواقعتين
(تحدثان في آن واحد) في احد المراجع لا تكونان على
العموم متواقعتين في مرجع آخر • ويعطى الفرق في الزمن
بين حدوث الحادثتين كما ترصدها في المرجع الثاني
بالمعادلة التالية :

$$\Delta t = \frac{v (x_1 - x_0) / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

د - نسبة الكتلة (زيادتها تبعا للسرعة) :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

هـ - علاقة الكتلة بالطاقة :

و - سرعة الضوء في الفراغ هي الحد الاعلى لسرع جميع الاجسام المادية . وينتج من هذا ان الأجسام الثقالية (التي لها كتلة سكونية - الصفتية) لا يمكن ان تبلغ سرعتها سرعة الضوء ؛ وان الدقائق التي ليس لها كتلة سكونية (كالفوتونات) هي وحدها التي تستطيع ان تتحرك بسرعة الضوء .

ز - جمع السرع ، كما بين آينشتاين ، يتعلق بالنتيجة السابقة ، فهو لا يحصل كما كان الحال في الميكانيك الكلاسيكي ، انما يبقى حاصل جمع سرعتين

لجسم من الاجسام دائما اقل من سرعة الضوء في الفراغ.
• مهما كانت تلكما السرعتان

وقد تحققت صحة جميع تلك الاستنتاجات
بالارصاد والتجارب والصناعة (التحولات النووية في
المفاعلات والاسلحة النووية ، سلوك الدقائق في المعجلات
الكبيرة ، الميزونات ، ...)

كانت النظرية النسبية الخاصة ثانيا جدليا لميكانيك
نيوتن الكلاسيكي ، لأنها اذا حلت محله ، حافظت عليه
كحالة خاصة حدية للاجسام التي تتحرك بسرعات بطيئة
جدا بالمقارنة مع سرعة الضوء ، ووسعت مجال عمل
تحويلات لورنتس التي كانت بالاصل تطبق في
الالكتروديناميك فقط ، فأصبحت تشمل جميع حقول
الفيزياء

وأذ عمم آينشتاين مبدأ النسبية الغاليلي ، توجه
نظره الى امكان تعميم هذا المبدأ تعميما اوسع بحيث لا

يبقى مقتصرًا على المراجع القصورية ، بل يصح على أي مرجع مهما كان نوع حركته . هنا انطلق آينشتاين من حقيقة ان « القصورية » *inertia* والجاذبية *gravity* متكافئتان بخصوص فعلهما على الأجسام او بعبارة اخرى : لا يمكن التمييز في سستم مغلق بين التأثيرات التي يولدها المجال الجاذبي وتلك التي يولدها تعجيل السستم بواسطة اي عامل آخر ، واقام على هذا الاساس النظرية النسبية العامة . وقد تأيدت هذه النظرية بحقائق فيزيائية تجريبية ، منها : ظاهرة الانزياح الحمراء (انحراف خطوط الطيف نحو النهاية الحمراء) ، ورصد انحناء شعاع الضوء الآتي من نجمة بواسطة الشمس ، ودوران فلك عطارد ، واخيراً تأخر اشارات الرادار في المجال الجاذبي الشمسي الا ان تلك الأرصاد لا تبلغ درجة من الدقة بحيث تستطيع ان تحسم ما بين النظرية النسبية العامة وتوسيعاتها المقترحة .

استطاعت النظرية النسبية العامة ، اعتماداً على
الخبر والمعارف الفيزيائية عن المجال الجاذبي في منطقة
صغيرة فضائياً ان تصوغ مقولات عن هندسة العالم
ككل ، وبهذا أصبحت أساساً للكوسمولوجيا النظرية .
أما نتائج النظرية النسبية العامة التي تتجاوز إطار
الفيزياء الأرضية ، بخصوص ماضي الكون وبنيته
الراهنة ، وتوسع الكون ، فقد أمكن فحصها جزئياً
(فعل هبل ، اكتشاف اشعاع الخلفية الكوني) ، وكان
في ذلك تأييد لهذه النظرية . ومن انجازاتها النظرية
ان قانون نيوتن للجاذبية وقوانين نيوتن للحركة يمكن
اشتقاقها من هذه النظرية كحالات حدية خاصة .

يقوم الميكانيك الكلاسيكي والنظرية النسبية
الخاصة والعامة بالنسبة لبعضها كحقائق نسبية
مختلفة الدرجة ينفي بعضها بعضاً جدياً . فالميكانيك
الكلاسيكي حقيقة نسبية تعكس جوانب معينة من الواقع
الموضوعي بصورة صحيحة ، الا انه ينفي من قبل

النظرية النسبية الخاصة في الأحداث التي تشتمل على
سرع كبيرة تقارب سرعة الضوء • والنظرية النسبية
الخاصة نفسها حقيقة نسبية تصح في الأماكن التي يمكن
فيها إهمال الجاذبية • فإذا أخذت المجالات الجاذبية
بعين الاعتبار ، نقيت النظرية النسبية الخاصة
بواسطة النظرية النسبية العامة •

الاهمية الفلسفية للنظرية النسبية

لا ينحصر الأثر الثوري للنظرية النسبية في الفيزياء
فقط ، إنما يتعداها الى مجالات الفكر الأخرى •
ففي الفيزياء كان العديد من المفاهيم يعتبر في
السابق بديهياً ، فطرياً ، مسلماً به ، فجاءت النظرية
النسبية تشكك بصحته ، وتستلزم إعادة النظر فيه ، كما
هو الحال مع تقلص المسافات الفضائية ، واستطالة
الزمن ، ونسبية التوقيت ، وزيادة الكتلة مع السرعة ،
وانحناء شعاع الضوء في المجال الجاذبي ، وغير ذلك
كثير •

لقيت النظرية النسبية عند نشوئها رفضاً متسرعاً
من البعض بدوافع شتى ، بينما تلقفها البعض الآخر
بتفاؤل كاذب ، ظاناً ان فيها دعماً لنظرته الذاتية .

كانت النظرية النسبية طفرة في الفكر العلمي ،
ولهذا اثارت عاصفة من المناقشات . وقد اتخذت جميع
التيارات الفلسفية المهمة لها موقفاً من النظرية
النسبية في العشرينات . ووقف اول الأمر ضد هذه
النظرية عدد من الفيزيائيين والفلاسفة ، واستخدمت
الحجج النظرية لأغراض سياسية رجعية ، وللهجوم على
آينشتاين كشخصية انسانية . ولم يستطع العديد من
الفيزيائيين ان يتحرروا من تصورات الميكانيك
الكلاسيكي ومفاهيمه ، وتسكوا بالأثير ، المرجع
المطلق للفضاء والزمان .

فقد اعترض ممثلو التيارات الفلسفية المثالية
المختلفة (كالوضعية ، والكانتية الجديدة ، والواقعية
النقدية ، والتوماسية الجديدة) على نظرية آينشتاين ،

اذ رأوا في الأفكار الثورية الجديدة خطراً على نظراتهم
المثالية ، الا انهم حاولوا بالتالي الالتقاء معها بتأويلها
تأويلاً مثالياً يؤيد فلسفتهم • فالتيارات المثالية الذاتية
اصبحت تبرز نسبية الفضاء والزمان ، ودور الراصد
في عملية المعرفة • اما الاتجاهات المثالية الموضوعية
فتبرز الجانب الرياضي من النظرية ، وتعتبره مطلقاً ،
وتضعه نقيضاً للجانب الفيزيائي الذي يجب ان يثبت
تجريبياً •

واما المادية الميكانيكية فقد رفضت النظرية

النسبية فاعته اياها « فيزياء مثالية » ! •
لقد نشأ سوء الفهم لدى البعض جراء عدم دراسة
الفحوى الفلسفي للنظرية الفيزيائية كافية • وكان بعض
الفلاسفة احياناً يساوون ما بين النظرية الفيزيائية والأفكار
الفلسفية لمبدعها ، رغم ان النظرية الفيزيائية ونتائجها
الفلسفية من جهة ، وأفكار علماء الطبيعة حول هذه
النتائج من جهة اخرى ، شيان مختلفان •

قد توجد تصريحات فلسفية لا ينشأتان ، لاسيما في كتاباته الأولى ، مما يمكن ان يفسر مثاليا . ولكنّه بصورة عامة ، ورغم كل التناقضات والتأرجحات ، قد تطور في مواقفه الفلسفية بصورة واضحة باتجاه المادية .

تبين النظرية النسبية ان البنية الفضازمائية ترتبط بالبنية السببية . وتنتج البنية السببية من وجود سرعة حدية قصوى ، هي سرعة الضوء . ففي النظرية النسبية الخاصة لا ينتقل اي فعل انتقالا لحظياً ، ولا بأية سرعة كبيرة اعتباطية . ولهذا فالأحداث التي تنفصل فضائياً بمسافة مساوية او اقل من المسافة التي يقطعها الضوء في زمن معين هي وحدها التي يمكن ان تحوز على تتابع زمني . اما الأحداث التي لايتوفر فيها هذا الشرط فهي غير معينة التتابع الزمني ، ولا توجد بينها علاقة سببية . وبكلمة اخرى : لايمكن ان يمارس كل شيء على كل شيء تأثيراً بصورة مطلقة ، انما تنحصر

امكانية التأثير داخل «مخروط الضوء» وتتجه من
«مخروط الماضي» الى «مخروط المستقبل» • لذلك
توجد رابطة اساسية بين البنية الفضا زمانية لأجزاء
الكون وبنيتها السببية • ولكن النظرية النسبية
(الخاصة) لاتعالج من الفضاء والزمان والسببية الا بناها
الطوبولوجية فقط • وهي لاتعالج من السببية الا التابع
الزمني ، لافحواها الجوهرى فى التسبب ، اى حصول
الأحداث (الأفعال) خلال أحداث اخرى
(الأسباب) •

والنظرية النسبية تفقد الآراء « الاصطلاحية »
عن جوهر الهندسة ، وتبين جذورها المادية • فمسألة
مدى صحة الهندسة ، اى مدى انطباقها على الواقع
الموضوعى (لاسألة وضع بديهيات واشتقاق نظام
متسق من المفاهيم منها خال من التناقض) قد سلمت
للفيزياء اذا جاز التعبير • فالنظرية النسبية العامة
جعلت هندسة الفضاء تتحدد بالواقع الفيزيائى •

الفضاء والزمان في الفيزياء

الفضاء الفيزيائي متصل، ثلاثي الأبعاد. فهو متصل،
اذ يوجد لكل نقطة فيه عدد غير محدود من النقاط
المجاورة التي يمكن ان تقترب منها ماشاء المرء . وهو
ثلاثي الأبعاد لأن موقع اية نقطة فيه يتحدد بثلاث
احداثيات .

يحدث احياناً خلط بين الفضاء الفيزيائي ومختلف
الفضاءات الرياضية التي تجد لها استعمالاً في الفيزياء

الحديثة . فهناك مثلاً فضاء الطور phase space
(في الفيزياء الإحصائية والثرموديناميك) وفضاء
هلبرت (الميكانيك الكوانتي) والفضاء الأيسوتوبي
(الفيزياء النووية) ... وتلعب هذه الفضاءات
الرياضية التجريدية دوراً هاماً في الفيزياء الحديثة .

الفضاء في النظرية النسبية الخاصة ، على خلاف
الميكانيك الكلاسيكي ، ليس مطلقاً ، اي انه ليس
مستقلاً عن المرجع وعن حركة الأجسام المادية . وهكذا

يصح القول ان النظرية النسبية الخاصة قد ازالـت
الفضاء المطلق ، تماماً كما يقال انها الغت « الأثير »
من معجم الفيزياء •

وليس هناك زمان مطلق ، فالزمان ايضاً ليس
مستقلاً عن المرجع • فعند الأتقال من مرجع قصوري
الى مرجع قصوري آخر ، لا يتغير الفضاء وحده ، انما
الزمان ايضاً •

ويندغم الفضاء والزمان في النظرية النسبية
الخاصة ليكونا « المتصل الفضازماني » رباعي الأبعاد •
والفضاء والزمان في هذا المتصل المندغم غير قابلين
للفصل موضوعياً • وتعطي تحويلات لورنتس فكرة
عن ارتباط الفضاء والزمان ببعضهما • فعند النظر
الى المعادلة الخاصة بتحويل الزمن :

$$t^1 = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

نجد ان الزمن يعتمد على السرعة النسبية للمرجعين وعلى المسافة بينهما • كما يتجلى ارتباط الزمان بالفضاء في مسألة « التوافق » • فالفارق الزمني المرصود في المرجع الثاني بين حادثتين « متواقعتين » في المرجع الأول يعتمد على السرعة النسبية للمرجعين وعلى مكان الحادثتين •

لقد سمى منكوفسكي المتصل الفضامزاني رباعي الأبعاد الذي تجري فيه الأحداث الفيزيائية « عالما » • وكل حادثة في هذا العالم تطلق بأربع احداثيات: ثلاث منها فضائية ، وواحدة زمانية • وقد ادرك منكوفسكي ان « عالمه » رباعي الأبعاد شبيه في خواصه « الشكلية » بالفضاء الهندسي الإقليدي ثلاثي الأبعاد • ويمكن هذا الشبه بين العبارتين الرياضيتين الواردتين في كل من هندسة اقليدس وهندسة عالم منكوفسكي بخصوص « المسافة » • فالمسافة في هندسة اقليدس لا متغيرة invariant « ثانية » بالنسبة لانتقال ودورات محاور الاحداثيات: $s^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$

و « المسافة » في عالم منكوفسكي (النظرية النسبية الخاصة) لا متغايرة تجاه تحويلات لورنتس :

هذه $s^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2$ والمقدار الأخير في هذه

$$x_4^2 = - c^2 t^2 \quad \text{المعادلة يقصد به :}$$

$$x_4 = ict ; i = \sqrt{-1}$$

فالكمية الخالية ict تمثل الأحداث الزمنية للحادثة في عالم منكوفسكي . هنا يكتسب أحداث الزمن نفس أهمية أي من الأحداث الفضائية . أما كون أحداث الزمن هذا في المتصل الرباعي خاليا فيعبر عن حقيقة ان له خواصا تختلف نوعيا عن خواص الاحداثيات الفضائية الثلاثة . والمتصل الفضائي رباعي الابعاد في النظرية النسبية الخاصة ليست له مقاييس اقليدية ، ولهذا ينعت بكونه « اقليديا زائفا »

• pseudo - euclidian ولهذا السبب لا يمكن

النظر الى عالم منكوفسكي كفضاء رباعي اقليدي -

(بأحداثيه الخيالي للزمن) الا من الناحية الشكلية فقط .

عالم منكوفسكي متسق homogeneous

وايسوتروب isotropic . فكل نقطة فيه

تشابه الاخرى ، وكل اتجاه فيه يكافئ الاتجاه الاخر .
والأتساق والأيسوتروبية — وهي خواص تناظرية يتمتع بها الفضازمان في النظرية النسبية الخاصة — ترتبط ارتباطا وثيقا بقوانين الحفظ في الفيزياء . فمن تناظر الفضازمان الفيزيائي تستنتج قوانين الحفظ تلك . وكل قانون من قوانين الحفظ يستلزم دائما نوعا من التناظر .

فحفظ الزخم يعني اتساق الفضاء ، وحفظ الطاقة يعني اتساق الزمان . ويندغم هذان القانونان لحفظ الطاقة والزخم في قانون واحد هو قانون حفظ فكتور الطاقة —

الزخم رباعي الابعاد . ومن هنا اتى اتساق الفضازمان (عالم منكوفسكي) في النظرية النسبية الخاصة .

اما في النظرية النسبية العامة فصفات الفضاء ليست مستقلة بذاتها ، انما هي مشروطة بالمادة . فالمادة تحدد البنية الهندسية للمتصل الفضازماني ، كما تحدد تلك البنية الهندسية للفضازمان حركة الاجسام والمجالات . هذه الحقيقة تبين الفرق بين النظرية النسبية العامة والخاصة ، حيث تكون بنية الفضازمان في النظرية النسبية الخاصة مستقلة تماما عن المحتوى المادي . ولهذا السبب لا يمكن تحديد وتعريف زمان كوني في النظرية النسبية العامة بصورة مطلقة غير مشروطة . وهذا فرق مهم آخر بين النظريتين . « ففي كل مجال جاذبي قد تبطيء الساعة او تسرع تبعا للنقطة التي تستقر فيها . لذلك فأن تعريفنا معقولا للزمن بمساعدة ساعات مستقرة بالنسبة للمرجع غير ممكن . وتنشأ صعوبة مماثلة حينما نحاول هنا تطبيق تعريفنا القديم عن التوقيت » (٣٠) .

يمكن تلخيص الوضع في النظرية النسبية العامة كما يلي :

الفضاء والزمان يمارسان تأثيرا على الاجسام ،
ويعانيان تأثيرا منها • ويندغم الفضاء والزمان في متصل
فضازماني رباعي الابعاد ، لا يمكن ان ينعت بكونه
متسقا الا في المناطق الصغيرة جدا ، اما في المدى الواسع
فهو بسبب انحنائه غير متسق • ويحدد انحناء المتصل
الفضازماني بواسطة المادة •

من المفيد في هذا الموضع ان نقارن بين خواص
الفضاء في النظريات المختلفة ملخصة بكلمات آينشتاين:
» حسب الميكانيك الكلاسيكي وحسب النظرية النسبية
الخاصة يحوز الفضاء (الفضا زمان) وجودا ذاتيا
مستقلا عن المادة والمجال • ومن اجل ان نستطيع وصف
ماليء الفضاء ... ينبغي ان نفترض مقدما ان الفضازمان
أو المرجع القصوري موجود اصلا بصفاته الهندسية ...
اما حسب النظرية النسبية العامة فليس للفضاء وجود
خاص مقابل ماليء الفضاء ... فإذا افترض زوال المجال

الجاذبي فلا يبقى قضاء كفضاء منكوفسكي ، بل لا شيء ابدا . . . ان قضاء خالياً ، أي قضاء دون مجال ، ليس له وجود » (٢١) .

لقد قاد التكافؤ بين القصورية والجاذبية (في النظرية النسبية العامة) الى اعتبار القضاء (الفضازمان) قضاءً ريمانياً محدباً رباعي الابعاد ، بدل قضاء منكوفسكي المستوي ، والى ان بنية قضاء ريمان تتعين بالمجال الجاذبي ، وبالتالي بواسطة المادة التي تولد المجال الجاذبي . وفي القضاء المحدب لا توجد مراجع صلدة تمتد في كل القضاء ، لأن بنية القضاء تتغير دائماً بسبب الأحداث الفيزيائية ، ولا يوجد الا مراجع غير صلدة (رخوة) وساعات تسير بالشكل الذي يقتضيه الحال . ولا تقتصر الاجسام المرجعية على ان تتحرك حسب مقتضى الحال ، انما تعاني ايضاً على العموم اثناء حركتها تغيرات في شكلها . والمرجع « الرخو » مكافيء في الجوهر لنظام احداثيات رباعي الأبعاد .

الفضاء والزمان في الفلسفة

يعكس مفهوم الفضاء « تجاوز » الظواهر المادية ، أي موقعها بالنسبة لبعضها ، ومسافاتهما عن بعضها وامتداداتها . أما مفهوم الزمان فيتضمن « تعاقب » الظواهر المادية ، أي تتالي الاحداث المادية ، والفاصلة بين الاطوار المختلفة من العملية ، والمدة التي تستغرقها .

ويرتبط الفضاء أو زمان دائما بالمادة . ولهذا لا وجود لفضاء أو زمان مطلق مستقل عن المادة . والمادة لا يمكن ان توجد ولا ان تتحرك الا في الفضاء والزمان .

احتوت « اصول هندسة اقليدس » اول تنظيم وتعميم لكافة المعلومات الهندسية في العالم القديم . والفضاء الذي يوصف بتلك الهندسة التي تطابق الخبر اليومية يسمى فضاء اقليديا .

كان الفضاء والزمان لدى ديمقريط موجودين وجودا واقعيا موضوعيا . فالفضاء هو الفراغ الذي

تتحرك فيه الذرات ، وهو شرط ضروري لحركتها .
ومما يؤثر عنه قوله : « لا يوجد في الكون غير الذرات
والفراغ » . اما الزمان فيوجد بالارتباط مع الحركة .
وذهب ديمقريط الى ان الفضاء لانهائي ، والزمان
ابدي .

وذهب ارسطو الى ان الفضاء يوجد موضوعيا ،
ولكنه ليس وعاء توجد فيه الاجسام المادية ، انما
ترتيبها . وبما ان هذا الترتيب يتغير ويتطور ، فالفضاء
متغير ايضا . وكما كان الفضاء يتحدد بترتيب الأجسام
المادية ، كذلك الزمان عنده يتحدد بترتيب الحوادث ،
تتابعها (« قبل » و « بعد ») . بهذا اتى بفكرة
جدلية عبقرية ، ولو تأملية ، عن وحدة الحركة والفضاء
والزمان والمادة . واعتقد ارسطو ان الفضاء الكوني
محدود ، والزمان يجري بانتظام واستمرار . وانكر
وجود الفضاء الفارغ « فالطبيعة تكره الفراغ » حسب
رأيه ، والمادة قابلة للتجزئة بلا نهاية .

اما فلسفة افلاطون المثالية فلا تعترف بالفضاء والزمان كخاصيتين جوهريتين للمادة ، لأن عالم الأفكار الذي يمثل جوهر العالم المادي عنده يوجد بلا فضاء ولا زمان •

وكان الفضاء في فكر العصر الوسيط متناهيًا محدودًا •

اما في العصر الحديث فأصبح الفضاء لانهائيا • واعتبر الفضاء والزمان في الميكانيك الكلاسيكي موجودين وجودا واقعا موضوعيا ، ووضعوا مقابل المادة التي فهمت كصفت • فقد كان الفضاء والزمان لدى غاليليو ونيوتن مطلقين ، أي أنهما فارغان لا يرتبطان بالمادة • ويعبر واقعهما الموضوعي عن نفسه بأنهما يمارسان تأثيرا على المادة ، دون ان يعانيا منها أي تأثير • والفضاء في الفيزياء الكلاسيكية حامل « الفعل عن بعد » • وقد صور الفضاء وكأنه وعاء فارغ متسق

لانهائي ، تجري فيه احداث الطبيعة ؛ وهو ثلاثي الابعاد ، وله صفات هندسية اقليدية . اما الزمان فمتسق ويجري باتجاه واحد .

لم يقتنع بعض العلماء والفلاسفة بفكرة ان الفعل المادي ينتقل خلال الفضاء الفارغ . فنجد لدى برونو وديكارت وهيجنس وتولاند افكارا قريبة من نظرة ارسطو ، ترفض الفضاء المطلق ، وتعتبر الفضاء والزمان مرتبطين بالمادة . وقد طور ديكارت في فيزيائه مفهوما جديدا للفضاء ؛ اذ ساوى بين المادة والفضاء ، وجعل الامتداد صفة اساسية له ، واختزله الى دقائق مادية صغرى . وربما كان تصويره هذا سابقا ومطابقا الى حد لفكرة « الأثير » في القرن التاسع عشر . وكان الامتداد عنده ، كخاصية لجميع الاجسام والفضاء ، موضوعيا . اما الزمان فقد اعتبره نمطا للتفكير ، صفته الرئيسية الاستمرار . وكان لا ينتس يعتبر الفضاء والزمان علاقات للمادة ، علاقات ترتيب للاجسام

الموجودة (الفضاء) او علاقات تتابع للاحداث
المادية (الزمان) • غير انه كان يفسر الفضاء والزمان مع
المادة تفسيراً مثالياً ؛ فهما عنده احساسات ذاتية ، رغم
انهما يطابقان ترتيباً موضوعياً للأشياء في العالم •

اما بركلي فقد اعتبر الفضاء والزمان شكلين
للأحاساس الذاتي • وقد وجد هذا الفهم المثالي الذاتي
للفضاء والزمان تعبيراً متطوراً له عند كانت • اذ ذهب
الى انهما « تصورات قبلية ، تصاحبنا كأشكال عقلية
قبل ان يبعث بهذا التصور شيء حقيقي خلال
الاحساس »^(٣٢) ، أي انهما موجودان في وعي الانسان
منذ الولادة — بالفطرة • وكان الفضاء عنده لانهائياً ،
متصلاً ، متسقاً ، متشابه الاتجاهات (ايسوتروب) ،
اقليدياً ، ثلاثي الأبعاد ؛ وكان الزمان ايضاً لانهائياً ،
متصلاً ، متسقاً ، الا انه ذو بعد واحد •

وفي فلسفة هيغل المثالية — الموضوعية يظهر
الفضاء والزمان كصفة لـ « روح العالم » ، ولا يمثلان

شكلا لوجود الواقع الموضوعي ، أي للمادة المتحركة .
مع ذلك نجد لدى هيجل افكارا اساسية عن جدلية
الفضاء والزمان . فقد كشف الرابطة الوثيقة بين الفضاء
والزمان والحركة ، واعتبر الحركة جوهر الفضاء
والزمان .

وذهب ماخ الى ان الفضاء والزمان مجموعة من
الاحساسات ؛ وناقش المفهوم النيوتني عن الفضاء
والزمان ، خاصة في كتابه « الميكانيك في تطوره »
(١٨٨٣) ، وذهب الى ان الفضاء والزمان المطلقين
شيئان ذهنيان مادامت الخبر الحسية عاجزة عن الكشف
عنهما .

وذهب هلمهولتز الى ان بديهيات الهندسة ليست
ضرورية عقليا ، انما لها مصدر تجريبي . وكان يرى في
ذلك تفنيدا لقبلية كانت .

اما الموضوع الفلسفية المادية الحديثة عن الفضاء
والزمان فهي أن «الفضاء والزمان شكلان لوجودالمادة»

• وتنطوي هذه الموضوعات ، على الضد من جميع الاتجاهات المثالية ، على الاقرار بأن الفضاء والزمان ماديان ، أي انهما يتجليان دائما بالارتباط مع الواقع الموضوعي الموجود خارج وعينا ومستقلا عنه •
فقد ذهب فويرباخ الى ان « الفضاء والزمان شكلان لوجود كل الاشياء ، وان الوجود في الفضاء هو وحده الوجود » (٣٣) • وبهذا الاتجاه سار الفلاسفة الماديون • « ان شكلي وجود المادة هما بدون المادة لاشيء ، تصورات فارغة ، تجرييدات لا توجد الا في رؤوسنا » (٣٤) • وبما ان المادية تعترف بوجود واقع موضوعي ، أي مادة متحركة مستقلة عن وعينا ، فلا بد من الاعتراف بالواقع الموضوعي للفضاء والزمان •

تبلورت المقلولة المادية عن الفضاء والزمان في القرن التاسع عشر كجواب على مسألة اصل تصوراتنا عنهما • فهما في الفلسفة المادية موجودان موضوعيا ، وان تصوراتنا عنهما انعكاس عن واقعهما الموضوعي ، وهما

ليسا مجرد احاسيس ذاتية ، وليسا من خلق الفكر .

وقد كان العديد من الفلاسفة الماديين الى وقت قريب يفسرون كلمه « شكل » الواردة في عبارة « شكل وجود المادة » باتجاه العلاقة بين الشكل والمحتوى . غير ان هذا التفسير يؤدي ، بسبب اولوية المحتوى ، الى صعوبات جمة زادت بها النظرية النسبية حدة .

يبين تاريخ تطور فهم الانسان للفضاء والزمان ان تغير تصوراتنا عنهما لا يفتقد واقعهما الموضوعي ، تما بنفس الطريقة التي لا يفتد فيها تغير معارفنا عن بنية المادة وحركتها الواقع الموضوعي للعالم الخارجي . فالفضاء والزمان يوجدان وجودا واقعيا موضوعيا ، مستقلين عن وعي الانسان . اما المقولة المثالية في ان هذين المفهومين ذاتيان فليست صحيحة ؛ اذ يترتب على هذه المقولة ان قبل ظهور الانسان على الارض لم يوجد العالم في فضاء ولا زمان ، وهذه نتيجة واضحة الخطأ . ولجميع

الظواهر والعمليات المادية بنية فضاء زمانية ، كما لا توجد
بنى فضاء زمانية خارج العمليات المادية .

النسبي والمطلق والنظرية النسبية

المطلق هو كل ما في وجوده ، أو في حقيقته ،
مستقل تماما ، لا يشترط بشيء آخر ، ولهذا فله وجود
غير محدود ، أو صحة غير محدودة . اما النسبي فهو
ما يعتمد في وجوده ، أو في حقيقته ، على شيء آخر ،
أو يشترط به ، أو يرتبط في علاقته ، أو تتعلق به
صحته .

تنظر الفلسفة العلمية للمطلق والنسبي بوحدتهما
الجدلية ، وتعترف بالمادة المتحركة باعتبارها المطلق
الوحيد . فالمادة غير مشروطة في وجودها بشيء ؛ واحدى
الخواص المطلقة للمادة هي الحركة . اما « المطلق
بصورة مطلقة » فلا يعدو عن كونه تركيبا ذهنيا لا يوجد
له مقابل في الواقع الموضوعي . وليست هنالك أشياء أو
صفات في العالم المادي توجد خارج ارتباطاتها العامة ،

أو لا تتصل بشيء ، أي مستقلة استقلالاً مطلقاً • فحيثما وجد المطلق في الواقع وجد كمطلق نسبي ، كمطلق من وجهة نظر معينة ، أو في علاقة معينة •

ويؤدي فصل النسبي عن المطلق الى الخطأ • ف « النصية » تتمسك بمقولات كانت صحيحة في ظرف من الظروف ، وتعتبرها صحيحة صحة مطلقة في جميع الظروف ، وبهذا تنكر الصفة النسبية للحقيقة ، وتعزل التفكير والعمل المبدعين • اما « النسبوية » فعلى عكس ذلك ، تعتبر كل شيء نسبياً ، وتنفي أية حقيقة موضوعية مستقلة عن الذات •

اما النظرة العلمية فتعترف بنسبية جميع معارفنا ، ولكن لا بمعنى فهي الحقيقة الموضوعية انما بمعنى المشروطة التاريخية للحدود التي تقترب بها معرفتنا النسبية من الحقيقة الموضوعية •

ليس للنظرية النسبية علاقة بالنسبوية ، رغم ان

البعض يخلط بين هذه وتلك • ولا تعكس تسميتها بـ
« النظرية النسبية » الا جانبا من فحواها : نسبية الفضاء
والزمان والكتلة ••• اما الجانب الآخر الذي يعبر عن
العلاقة بين المقادير الفيزيائية (كبقاء قوانين الفيزياء
هي هي في جميع المراجع ، وثبات سرعة الضوء ، •••)
فهي مستقلة عن أي رصد واية حركة •

يكون الفضاء والزمان وحدة من المطلق والنسبي •
فهما يوجدان وجودا مطلقا بمعنى انهما موجودان
وجودا واقعا موضوعيا مرتبطا بوجود المادة • وهما
نسبيان لأن خصائصهما الملموسة تعتمد على حالة المادة
(سرع الاجسام ، توزيع المادة) في المنطقة المعنية من
الكون • وسوء الفهم في علاقة النسبي بالمطلق في
خواص الفضازمان في النظرية النسبية غير مستبعد •
مثال ذلك ما ذهب اليه احد الفيزيائيين الذي انتقد
منطلقات النظرية النسبية حيث قال : « ان الجوهري
لا يكمن في النسبية ، وانما في المطلق ، في خواص

الفضازمان مستقلا عن نظام الاحداثيات « (٣٥) . ولكن
يحق لنا هنا ان نتساءل ماهو المطلق الذي يراد ان يكون
اسسا للنظرية النسبية ؟ وماذا يفهم من البنية المطلقة
للفضازمان ؟ وما هي خواص الفضازمان المطلقة
بالاستقلال عن الأحداثيات ؟ ان الافكار الواردة في
الانتقاد المذكور تعادل نكران الفحوى الفيزيائي
والفلسفي للنظرية النسبية ، لأن التسليم بوجود فضازمان
مطلق بالمعنى الوارد في الانتقاد يعني اهمال العلاقة
بين الفضاء والزمان والمادة والحركة ، واعتبار الفضازمان
المطلق وكأنه قائم بذاته .

النظرية النسبية والكوسمولوجيا

الكوسمولوجيا cosmology علم يدرس

بنية اشكال المادة الكونية وطوبولوجيتها وحركتها
وتطورها وتشكيلاتها وتغيراتها ونشوءها
واضمحلالها .

ارتبطت الكوسمولوجيا منذ اقدم الأزمان
ارتباطاً وثيقاً بالفلسفة والنظرة للعالم . وهي كعلم
يتخذ كل الكون بجميع اشكال حركة المادة فيه وبنيتها
موضوعاً له ، لا يمكن ان تقتصر على مجرد الرصد
والقياس والحساب ، انما تعتمد ايضاً على افكار فلسفية
عامة . لهذا السبب كانت الكوسمولوجيا منذ اقدم
العصور حتى الآن في بؤرة الصراع بين التيارات
الفلسفية المتعارضة . وكان هذا الصراع يرتبط بصورة
مباشرة او غير مباشرة بالصراعات في المجتمع .

تفترض الكوسمولوجيا العمومية الكونية
لقوانين الطبيعة المعروفة . وتطبقها على ابعاد فضائية
وزمانية كبيرة جداً . فأن لم يفترض هذا المبدأ
اصبح من غير الممكن صياغة اية مقولة عن الكون
ككل . الا ان السؤال يبقى مع ذلك قائماً ، وهو :
الى اي مدى نستطيع تمديد القوانين الفيزيائية

المعروفة على ابعاد فضا زمانية واسعة في الكون
لاتطالها مرادنا ووسائلنا الفلكية الأخرى ؟ •

اعتماداً على قوانين الحركة وقانون الجاذبية
الكونية ، استنتج نيوتن ان الكون متسق ، اي لا يوجد
جزء من فضاءه متميز عن الجزء الآخر ، ولا نقطة عن
نقطة أخرى ، وليس فيه راصد متميز ، وليس له مركز ،
وهو ايسوتروب ، اي انه يتصف بنفس الخواص
في جميع الاتجاهات • وينتج من ذلك ان قوانين
الطبيعة المعروفة تنمتع بصحة عمومية كونية فضائياً
وزمانياً • وتوصل نيوتن من كل ذلك الى ان للكون
طابعاً مستقراً (ستاتيكا) ، اي انه لا يتغير بمرور
الزمن ولا يتطور ، وان الفضاء مستقل في خواصه عن
المادة وحركتها ، وهو يحتويها كما يحتوي الوعاء
الأشياء الموجودة فيه ، دون ان يتأثر شكله بها ، اي
ان للفضاء خواصه الهندسية ، وليس له خواص

فيزياوية ، وله امتداد لانهائي ، وليس له حدود .
النظرية النسبية العامة هي الأساس النظري
للموديلات الكونية الحديثة . ومن المعروف ان
« موديلات الكون » صور مقربة لواقع الكون
الموضوعي ، اي انها لا تتضمن بالضرورة صورة
طبق الأصل عن الواقع . ومن هنا تأتي ضرورة المقارنة
بين الموديل والواقع دائماً .

وقد بينت النظرية النسبية العامة — كما مر بنا —
ان المادة وبنية الفضا زمان تؤثر احدهما بالأخرى ،
وتتشرط احدهما الأخرى ، بحيث ان هندسة الفضاء
تعتمد على توزيع المادة . وعلى ذلك فأن موديلات
الكون الفيزياوية — الرياضية ، باعتبارها تصورات
عن بنيتها الهندسية ، تعتمد على الفرضيات المتخذة
بخصوص توزيع المادة (كثافتها) . وهذه الموديلات
لا يمكن بناؤها بالأعتماد على النظرية النسبية وحدها ،

انما يجب اضافة فرضيات اخرى للوصول الى هذه
الغاية .

في عام ١٩١٧ افترض آينشتاين ان الكون
متسق (ذو كثافة واحدة في جميع انحاء)
وايسوتروب (يتمتع بنفس الخواص في جميع
الاتجاهات) ، وان الكثافة تبقى ثابتة في المعدل ،
فتوصل الى ان للفضاء حجما متناهما ، الا انه مع
ذلك غير محدود (كسطح الكرة الذي ينطوي على
حجم معين ، الا انه غير محدود بحافة ، ولا تتميز اية
نقطة من نقاطه بصفة هندسية خاصة) . ولكن هذا
الموديل المستقر الذي لا يتغير مع الزمن لاقى اعتراضات
من بعض الفيزيائيين والفلكيين النظريين ، اذ ذهب
هؤلاء الى ان النظرية النسبية لاتجيز كونا مستقرا ،
وانها لاتتوافق الا مع كون يتطور مع الزمن . وترقى
هذه الأفكار الى الرياضي السوفيتي فريدمان
(١٩٢٢) اذ ذهب الى ان الكون قد يتسع او يتقلص

مع الزمن ، وهذا يؤدي الى تغير المسافات بين
النقاط المادية ، وان سرع تلك النقاط تتناسب طرديا
مع تلك المسافات (توسع الكون) • وقد حسب فايل
Weyl (١٩٢٣) مقدار « الأزاحة الحمراء »
(انحراف خطوط طيف النجوم البعيدة نحو الطرف
الأحمر جراء شرودها عنا « فعل دوبلر ») ، واكتشفها
هبل Hubble عام ١٩٢٩ •

الكون والانتهائية

النظرية النسبية بذاتها لاتنبئ بشيء عن نهائية
الكون او لانتهائيته • وتعتمد الأجابة على هذه
المسألة على الفرضيات الإضافية التي تتخذ بهذا
الشأن • فإذا افترض للقضاء تحذب موجب ، فهو
نهائي وغير محدود ، اما اذا كان تحدبه صفرا
او سالبا فإنه لانهاضي وغير محدود •

تبين مما سبق ان كوناً متناهياً مغلقاً لا يعني بالضرورة كوناً محدوداً ، ونهائية الكون هنا او لانهايته لا تعني سوى هندسة معينة للفضاء .

بالرغم من ان نهائية الفضاء الكوني او لانهايته من اختصاص علوم الطبيعة ، الا ان لها اهمية فلسفية نظرا لارتباطها بالمفهوم الفلسفي عن لانهاية المادة ، وعلى وجه التحديد بمسألة ما اذا كانت نهائية الفضاء المحتملة تتناقض مع اللانهاية الفلسفية . هنا يجب التفريق بين التصورات الكوسمولوجية عن بنية الكون ، والقضايا الفلسفية — النظر معرفية .

كانت موضوع لانهاية العالم المادي ، وخاصة لانهاية الفضاء والزمان ، في الماضي جزءاً مهماً من كافة الفلسفات المادية . وقد ارتبطت هذه القضية الفكرية في تاريخ الفلسفة بالقضية الكوسمولوجية ، وطورت فكرة اللانهاية الفلسفية اول الأمر بالأعتماد

على فكرة لانهاية الفضاء بالمعنى الفيزيائي •
لقد طورت في الزمن الأخير موديلات
كوسمولوجية عامة (كـول K. Gödel ، سلمانوف
Selmanov) وحسب رأي سلمانوف لا يصح
السؤال عن نهائية الفضاء او لانهايته الا في موديل
كوسمولوجي بسيط يتوفر فيه اتساق الفضاء
وايسوتروبيته • اما عند معالجة موديل اكثر تعقيدا
(اللاتساق واللا ايسوتروبية) فيفقد هذا السؤال
معناه ، فلانهاية الفضاء في احد المراجع لا تتنافى مع
نهائيته في مرجع آخر •

ينطوي مفهوم لانهاية المادة الفلسفي على ثلاثة
معالم :

١ - عدم استنفاد المادة : الوحدة المادية للتعدد
اللانهائي لأشكال المادة وعلاقاتها وروابطها
واجسامها وعملياتها والرابطة المادية في العالم

لاتخرق في اي ظرف من الظروف .

٢ - التحول الأبدي في الشكل : فحركة المادة تؤدي الى تغير وتطور الأجسام المادية تغيراً وتطوراً مستمرين ، اجسام جديدة تنشأ ، وقديمة تزول ، واخرى تتحول الى بعضها ، وتتطور نوعيات اعلى ، اي ان اشكال الأجسام المتناهية في تحول ابدي . واللا نهائية بارتباطها بالتطور تعني التعقد والتعدد اللذين لا ينتهيان . ويؤدي وجود عدد لا يحصى من الأجسام والعمليات بسبب تحول اشكالها ، الى وجود بنى فضازمانية الانهية لعددتها ضمناً .

٣ - التقرب الانهائي من الحقيقة المطلقة : فكل مقولاتنا عن بنية المادة وروابطها هي حقائق نسبية . بهذا المعنى يصبح كل اكتشاف جديد تأكيداً لموضوعة التعقد الانهائي للمادة التي لا يمكن معرفتها معرفة مطلقة لسببين : الأول

هو ان الواقع الموضوعي نفسه يتبدل ويتطور دائما ، والثاني ان المعرفة نفسها عملية معقدة في الأتقال من البسيط الى المعقد ، ومن المظهر الى الجوهر فموضوعة لانهاية المادة بهذا الشكل موضوعة نظر معرفية ، اذ هي ليست مقولة عن الكيفية التي توجد بها المادة ، فذلك مما تدرسه العلوم الأختصاصية ، انما مقولة تعبر عن ان معرفتنا عن الكيفية التي توجد بها المادة نسبية دائما ، وليست مطلقة ، ولكنها تتقرب من الحقيقة المطلقة بعملية لانهاية .

ان موديلات الكون المغلق (المتناهي) فضائيا لا تتعارض مع المفهوم الفلسفي عن لانهاية المادة ، لأن هذين يعالجان مستويات مختلفة من المعرفة . فالموديلات تنطوي على معارف عن بنى فضا زمانية واقعية موضوعة هي جزء من بنى فضا زمانية لانهاية لعددتها ضمنا . والقول بلا نهائية المادة وابدية الزمان لا يعني القول

بعدم لانهائي لأجسام مادية معينة ، ودوام لانهائي لعمليات معينة ، اذ ان لانهائية الزمان لاتعني سوى الدوام الأبدي للتغيرات . كما لاتعني لانهائية الفضاء المضي البسيط في الفضاء ، اي الا محدودية الفضائية انما وجود علاقات فضا زمانية لانهاية لعددتها .

والرياضيات كعلم للعلاقات الشكلية الممكنة بين الأشياء الفكرية ، تعالج انواعاً مختلفة من اللانهائية .

بمعنى اللامحدودية . وبما انها تعالج امكانيات فكرية ، تنشأ بعض المشاكل عند استخدام المعارف الرياضية لوصف الحقائق الواقعية الموضوعية .

لقد شن اتباع المادية الميتافيزيقية هجماتهم ضد الموديلات الكوسمولوجية المغلقة (المتناهية) اذ رأوا في هذه الموديلات تفنيدا للمادية ، واعتبروا المقولة الفلسفية عن لا نهائية المادة مساوية للمقولة الكوسمولوجية عن اللانهائية الفضائية للكون .

لا يمكن استنتاج اية مقولة عن بنية معينة للكون من مفهوم اللا نهائية الفلسفي ، لأن هندسة الكون مسألة كوسمولوجية طبيعية ، اما لا نهائية المادة فمسألة فلسفية . ولا يجوز للفلسفة ان تحكم بصحة هذا الكوني وخطأ ذلك . كما ان البحث الفلسفي لا يمكن ان يعوض عن الرصد والقيام بالتجارب والتحليلات النظرية الفلكية - الكوسمولوجية . واية فكرة فلسفية تهمل نتائج البحث العلمي الاختصاصي (في الفيزياء ، الفلك ، الكيمياء ، ...) وتمسك بمقولات قديمة تعارض تلك النتائج ، مصيرها الفشل .

فأن كان للكون فضاء متناه ومغلق بسبب تحدبه الموجب ، فأن صفته المادية لا تخرق بذلك في أي مكان أو زمان ، اذ لا يوجد شيء خارجهما . بهذا المعنى لا تتناقض موديلات الكون الكوسمولوجية المتناهية مع الموضوعية عن لانهائية المادة .

النظرية الكوانتية

ثنائية الدقيقة - الموجة

تبدي جسيمات العالم الأصغر (الدقائق الاولى والذرات وامثالها) خواصا متناقضة ؛ دقائقية وموجية ؛ ويعبر عن هذه الحقيقة بـ « ثنائية الدقيقة - الموجة » ؛ وتعني ان اية من الصورة الدقائقية وحدها أو الصورة الموجية وحدها لا تكفي لوصف جميع الخواص الفيزيائية لتلك الجسيمات .

جوبت هذه المشكلة لأول مرة في تاريخ العلم في نظرية الضوء . ففي القرن السابع عشر نشأ خلاف بين اتباع نيوتن (الذي طور النظرية الدقائقية للضوء) واتباع هيجنس (الذي طور النظرية الموجية) . وكانت النظريتان متعادلتين في تفسير الظواهر الضوئية المعروفة

آنذاك • وفي القرن الثامن عشر بدا وكأن الخلاف قد
حسم لصالح نيوتن • ولكن اكتشاف ظواهر متعددة
لتداخل الضوء (يونغ ، فرسئل) في بداية القرن
التاسع عشر ، واستقطاب الضوء بعد ذلك ، ايد النظرية
الموجية • وفي نهاية القرن التاسع عشر اكتسبت الصورة
الموجية دعما آخر بنظرية الضوء الكهربامغناطيسية التي
اتى بها ماكسويل ، وتحققت بتجارب هاينرش هرتس •
غير ان الصورة الدقائقية استعادت اهميتها باكتشاف
الفعل الكهرباضوئي (هـ• هرتس ، لينارد ، هالفاكس)
الذي فسره آينشتاين اعتمادا على فكرة بلانك
الكوانتية • وفي الزمن التالي احرزت الصورة الموجية
دعما آخر (حيود لاوه للاشعة السينية - ١٩١٢) ،
كما دعمت الصورة الدقائقية بفعل كومبتون (١٩٢٣)
(تشتت الاشعة السينية بواسطة الألكترونات) الذي
لا يمكن تفسيره الا بمفهوم الدقيقة •

تظهر ثنائية الدقيقة - الموجة في خواص المادة
الصفية ايضا (وهي التي تتميز بحيازتها على كتلة
سكونية) . فلامدة الصفية ينظر اليها عادة وكأنها
تتألف من دقائق . وكانت الصورة الدقائقية تعتبر
بالنسبة للجسيمات الصغرى وكأنها الصورة الصحيحة
الوحيدة (النظرية الجزيئية الحركية للغاز ، تركيب
البلورات الهندسي ، المسارات المرئية للدقائق الصغرى
في الحجرة الفيسية ، تجربة ميليكان لقياس شحنة
الألكترون ، فعل كومبتون) . ولكن تداخل الأشعة
الألكترونية (تجربة دافيسون وجرمر - ١٩٢٧)
وحيود الأشعة الجزيئية (شترن - ١٩٢٩) وظواهر
التداخل الأخرى في الأشعة الألكترونية (بورش -
١٩٤٠ ، ١٩٦١ - ١٩٦٨) لا يمكن تفسيرها الا
بالصورة الموجية .

كانت ثنائية الضوء ، أي معرفة ان الضوء يحوز
على خواص موجية ودقائقية معا ، قد دفعت دي

بروغلّي de Broglie عام ١٩٢٤ لأنّ يطرح سؤالاً
مناظراً ، وهو : ألا يمكن ان تحوز الجسيمات الصغرى
الصفّية خواصاً موجية اضافة لخواصها الدقائقية ؟
وذهب الى ان كل دقيقة صفّية يمكن تمثيلها بموجة
يتقرر طولها بزخم تلك الدقيقة . وقد تأيدت هذه
الفرضية بعد ثلاث سنوات بتجربة دافيسون - جرمر
مارّة الذكر . هنا استخدم دي بروغلّي صورة موجية
كلاسيكية للمادة الصفّية ، واتى بمفهوم « امواج
المادة » .

يتضح مما سبق ان النظرية الموجية الكلاسيكية
تعجز عن تفسير بعض ظواهر الضوء والاشعاعات
الأخرى ذات الطبيعة المشابهة (كالاشعة السينية واشعة
كاما) ، كما تعجز النظرية الدقائقية الكلاسيكية عن
تفسير بعض ظواهر الدقائق الصفّية الصغرى ،
كالإلكترونات وغيرها .

وصف فوق واقع الحال ذاك كما يلي : « لتتصور
حزمة من الالكترونات ذات طاقة معينة ، تنفذ خلال
بلورة وتقع على لوح فوتوغرافي ، فتولد شكلا للتشتت
لا يمكن تفسيره الا على اساس الصورة الموجية
للألكترونات . هذا الشكل يطابق تراكب امواج
تشتت عند كل ذرة من ذرات البلورة . وهنا لا يعتمد
شكل الحيود على شدة الحزمة ، اذ يتولد نفس الشكل
في الحالة الحديدية عند استخدام حزمة ضعيفة جدا ،
حيث نستطيع ان نقول ان الالكترونات تقع فرادى
على البلورة ، أي واحدا واحدا بالتتالي . ولذلك يجب ان
تسند خواص موجية الى كل الكترون مفرد ، وليس
الى مجموعة الألكترونات فقط . ولكن في نفس
الوقت يولد كل الكترون يقع على اللوح الفوتوغرافي
اسودادا في نقطة واحدة (في حبة واحدة من الفلم
الحساس) ؛ اما توزيع الشدة للحزمة النافذة فيولده
مجموع الحبات المسودة لذلك فالألكترون

يسلك في ظروف معينة (عند المرور خلال البلورة مثلا) كموجة تنتشر ، وفي ظروف اخرى (عند الوقوع على حبة من غشاء القلم) كدقيقة لها موقعها المحدد » (٣٦) .

لهذا فلكي نصف الجسيمات الصغرى وصفا كاملا ينبغي على العموم استخدام كلتا الصورتين : الدقائقية والموجية . ولكن يكفي احيانا ، في حالات حدية ، استخدام احدى الصورتين فقط . ففي التردد العالي جدا مثلا يبرز الطابع الدقائقي (مثل كوانتات الضوء عالية الطاقة) ؛ وفي التردد الواطيء لا تظهر سوى الخواص الموجية (كما في امواج الراديو) . ففي تلك الحالات وامثالها يمكن الكلام عن الحدود العملية للثنائية . ولكن على العموم تظهر الصورتان وكأنما تستبعد احدهما الأخرى : فالصفة الدقائقية لها طبيعة متقطعة ؛ اذ توجد دقائق صغرى ، وهذه لا يمكن ان تتداخل ، ولا يمكن ان يمحو بعضها بعضا . اما الصفة الموجية فلها طبيعة متصلة ، وهي التي نولد ظواهر التداخل .

وباختصار يمكن القول ان المادة لا تتفق مع
التصور الميكانيكي الكلاسيكي عنها • فهي « لا
تتألف من دقائق بالمعنى الكلاسيكي ، ولا من مجال
موجي بالمعنى الكلاسيكي ايضا • انها تتألف من شيء
آخر نعجز الآن عن تكوين صورة له ، ولو اننا نستطيع
وضع المعادلات الرياضية لوصف حركته » (٣٧) •

ان اية نظرية تستهدف وصف الواقع الموضوعي
وتفسيره يجب ان تتغلب على هذه الثنائية باحتوائها في
نناياها ، وان تكون قادرة على تفسير الصفتين
المتناقضتين للمادة معقدة البنية • وقد امكن في الميكانيك
الكوانتي التوصل الى تركيب من الصورة الدقائقية
والصورة الموجية يجعل الصورتين تنطبقان على الشيء
الفيزيائي المدروس (التفسير الاحصائي للميكانيك
الكوانتي) •

تبين الصفة الجدلية لثنائية الدقيقة - الموجة في
فشل جميع المحاولات النظرية التي بذلت للتخلص من

احد طرفي هذا التناقض . فقد فشلت محاولة الحفاظ على صورة الدقيقة الكلاسيكية والتخلص من الصمة الموجية باعتبار الموجة احتمالية رياضية فقط . كما فشلت محاولة الغاء الصفة الدقائية للجسيمات الصغرى والاستعاضة عنها بـ « باكيت الأمواج » . وبهذا اثبت الموديل الكلاسيكي قصوره في تصوير الاحداث في العالم الصغير . فليس هناك « احجار » صغرى اخيرة تتمتع ببنية ميكانيكية بسيطة تتألف منها المادة ؛ فالمادة معقدة البنية ، متعددة الواجهه .

لم تنته النقاشات حول ثنائية الدقيقة — الموجة بعد . وهناك فكرتان رئيسيتان في هذا المجال :

— الأولى تنطلق من ان التناقض هنا هو تناقض بين الصورتين الكلاسيكيتين ، الدقيقة والموجة ، وان ايا منهما يجب ان الاتساوى بالجسم الكواتني ، لأنها لا تطابقه مطابقة ملائمة وافية ، كما هو الحال في الماكروفيزياء ؛ وان مايسر استعمال

هاتين الصورتين هو فقدان موديلات ومفاهيم

• ملائمة للجسيم الكوانتي •

— والثانية تنطلق من ان للجسيم الميكروسكوبي

الواحد خواصه الدقائقية الموجية ، أي هي خواص

متناقضة • وهنا لا تعتبر الدقيقة أو الموجة

موضوعية ولهذا لا يستطيع اي من الجانبين لوحده

استيعاب جميع خواص الجسيم الفيزيائي • وهنا

يفهم النوعان من الخواص الواقعية الموضوعية

الجسيم الفيزيائي الدقائقي والموجي كوحدة من

الاخذاد متناقضة جدلياً •

quantum theory

النظرية الكوانتية

النظرية الكوانتية نظرية فيزيائية تعالج حركة

الجسيمات الميكروسكوبية (الدقائق الأولية ، الذرات ،

الجزئيات) وتفاعلاتها ، وتأخذ بنظر الاعتبار الطبيعة

ثنائية للمادة (ثنائية الدقيقة — الموجة) وتتضمن

كوانتم الفعل لبلاנק (h) كثابت جديد من

«ثوابت الطبيعة» وتعزى تسميتها بـ « النظرية الكوانتية »
إلى انها تفسر الطبيعة الكوانتية المتقطعة للكثير من
المقادير الفيزيائية كنتيجة لمحدودية قيمة ثابت بلانك .
وتؤدي هذه النظرية الى نفس النتائج التي تؤدي اليها
النظرية الكلاسيكية عند الحالة الحدية حينما يقرب
ثابت بلانك إلى الصفر ($h \rightarrow 0$) مبدأ التطابق) .

وتستطيع النظرية الكوانتية تفسير الكثير من الظواهر
والارصاد التي تشذ عن التوقعات الكلاسيكية
للمستمرات الميكروسكوبية ، أي لا تستطيع الفيزياء
الكلاسيكية تفسيرها ؛ كما تفسر الكثير من خواص
المواد الكثيفة ، خاصة الاجسام الصلبة ، كقابلية
التوصيل والمغناطيسية والحرارة النوعية ، عند ربطها
بمبادئ الميكانيك الاحصائي .

قامت النظرية الكوانتية على اساس الفرضية
الكوانتية التي قدمها بلانك عام ١٩٠٠ لتفسير اشعاع

الجسم الاسود (الجسم الذي يستص جميع الاشعاع الساقط عليه) ، والقائلة ان المادة لا تطلق طاقة اشعاعية او تمتصها بمقادير اعتباطية كيفية متصلة ، وانا بدفعات صغيرة (كواتات) • وقد تطورت النظرية الكوانتية الى ما يسمى بـ « النظرية الكوانتية القديمة » في العقدين الاولين من هذا القرن ، اعتمادا على تلك الفرضية ، بأعمال آينشتاين (تفسير الفعل الكهرباضوئي) وبور (موديل بور للذرة) وسومرفلد (استخدام النظرية النسبية لتفسير البنية الدقيقة في الطيف الذري اعتمادا على موديل بور) • وبما ان هذا التطور قد تم بتطعيم الفيزياء الكلاسيكية بالافكار الكوانتية ، فإنه استطاع تفسير بعض الاطياف الذرية تفسيراً وصفاً بصورة جيدة من جهة ، وبرزت من الجهة الاخرى تناقضاته الداخلية ، واعطى في بعض الحالات قيماً غير صحيحة • ولم يمكن التغلب على تلك المشاكل الا بـ « الميكانيك الكوانتي » الجديد •

امكن التوصل الى الميكانيك الكوانتي بأدخال الأفكار الكوانتية في الميكانيك الكلاسيكي أو النظرية الموجية الكلاسيكية . وفي الواقع التاريخي استخدمت الطريقتان في آن واحد : فالطريق الاول سار عليه هايزنبرك (١٩٢٥) اذ جعل لكل مقدار فيزيائي يظهر في الميكانيك الكلاسيكي (كالموضع والزخم والطاقة) «ماتريكس» يمثله ، وحول معادلات الحركة الى معادلات ماتريكس (ميكانيك الماتريكس) . اما

الطريق الثاني فقد سار عليه شرودنجر Schrödinger (١٩٢٦) اذ اول الكوانتية الملاحظة في الطاقة كتذبذبات لمجال المادة ، ووضع للمقادير الفيزيائية تعابير تفاضلية ، مطورا فكر دي بروغلي بتمثيل حركة الدقيقة بموجة (الميكانيك الموجي) . الصياغتان : « ميكانيك الماتريكس » و « الميكانيك الموجي » — كما بين شرودنجر عام ١٩٢٦ — متكافئتان رياضيا ، تؤيدان

الى النتائج الفيزيائية ، وتمثلان طريقين مختلفين.
لعرض نظرية واحدة •

ساهم بورن M. Born بدور جوهري في

تطوير الميكانيك الكوانتي ، اذ اتى بالتفسير الاحصائي
لدالة شرودنجر الموجية الذي يضمن التفسير الدقائقي
في الميكانيك الكوانتي من ناحية ، ويؤدي من الناحية
الأخرى الى تقديم مقولات احصائية احتمالية (مثلاً
عن وجود الدقيقة في مكان ما) • وهذه نتيجة مباشرة
لحقيقة ان المقادير « المترافقة قانونياً canonical

conjugate (كالموضع والزخم) لا يمكن

قياسها بدقة كيفية في آن واحد (علاقة اللاذقة) • كما
ساهم في بلورة الصياغة الكاملة للميكانيك الكوانتي

فيزيائيون بارزون آخرون مثل باولي Pauli

(مبدأ الاستثناء — ١٩٢٥) وديراك Dirac

(دمج الميكانيك الكوانتي بالنظرية النسبية في نظرية

الألكترون — ١٩٢٨) وفوك Fock (فضاء

فوك في نظرية المجال الكوانتية) وغيرهم .
بما ان الميكانيك الكوانتي قد استهدف الكشف عن
قوانين حركة الدقائق الصغرى للمادة ، وهذه ليست
جسيمات كلاسيكية صغيرة جدا ، كما هو المألوف في
نظرتنا الاعتيادية اليها ، انما هي دقائق جديدة نوعيا ،
لذا لزم لتصويرها استعمال صياغة رياضية مختلفة عما
استعمل في الفيزياء الكلاسيكية . فحالة نسيم كوانتي
تمثل بفكتور ψ (في فضاء هيلبرت . أما المقادير

« الدالة الموجية في معادلة شرودنجر »
الفيزيائية فيمثل كل واحد منها بأوبراتور operator

بالمقارنة مع الفيزياء الكلاسيكية تظهر
الخصوصيات التالية للميكانيك الكوانتي :

١ - يقدم الميكانيك الكوانتي في الأساس مقولات
احصائية . فان كان يالامكان التنبؤ بالقيم المقاسة

الممكنة لاحد السستيمات وتوزيعها الاحصائي ،

فلا يمكن معرفة قيمة قياس مفرد واحد .

٢ - تفي اوبراتورات المقادير « المترافقة قانونيا »

بقواعد التبادل لهايزنبرجك . وتتضمن قواعد

التبادل هذه ثابت بلائك الذي يظهر في النظرية

الكوانتية. كسابط طبيعي جديد نوعيا وينتج من هذا

ان التوزيع الاحصائي للقيم المقاسة لكل واحد

من المقدارين المرصودين « المترافقين قانونيا » لا يمكن

ان يكون دقيقا بشكل كفي (علاقة

اللا دقة) .

٣ - لا يمكن اهمال فعل جهاز القياس على الجسم

المراد قياسه .

لقد ادى تقييم خصوصيات الميكانيك الكوانتي

تقييما غير صحيح الى الكثير من التأويلات الفلسفية

غير الصحيحة . فقد تشكك البعض في حتمية العمليات

الكوانتية بسبب الطابع الاحصائي للقوانين الكوانتية ؛

وبالغ آخرون في قيمة عملية القياس • وهو الميكانيك الكوانتي احيانا من مواقع مادية بالرغم انه نظرية غير كاملة بسبب صفته الاحصائية • والحقيقة ان الميكانيك الكوانتي يوفي بجميع المستلزمات التي توفي بها اية نظرية فيزيائية • ففيه يمكن التنبؤ بقيم القياس الممكنة وتشتتها الاحصائي لأي مقدار فيزيائي قابل للرصد • وبسعرفة حالة السستم في زمن معين تستطيع النظرية حساب حالته في اي زمن آخر • والسببية والاحتمية مضمومتان في الميكانيك الكوانتي كما في اية نظرية فيزيائية اخرى • وغني عن البيان ان ذلك ليس له علاقة بالأفكار والتصورات الميكانيكية ، اذ لا يمكن تعيين مسار الدقيقة الواحدة كما كان الحال في الميكانيك الكلاسيكي • هذا النوع من المشاكل والصعوبات يظهر دائما عند محاولة فهم العمليات غير الكلاسيكية بمساعدة افكار وتصورات كلاسيكية غير ملائمة •

صاغ هايزنبرك عام ١٩٢٧ علاقة اللادقة في الفيزياء الكوانتية ، وتعني انه لا يمكن قياس مقدارين فيزيائيين «مترافين قانونياً» في الميكانيك الكلاسيكي (كموضع الدقيقة وزخمها) في آن واحد بدقة كافية ، انما هناك حدود لتلك الدقة تبينها العلاقة

$$\Delta p \cdot \Delta q \geq h \quad : \quad \text{التالية (للموضع والزخم)}$$

حيث تعني Δp اللادقة في تعيين الزخم و Δq

$$h , \quad h = \frac{h}{2\pi} \quad \text{و اللادقة في تعيين الموضع ، و}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t = h \quad \bullet \quad \text{ثابت بلانك}$$

بسبب صغر كوانتم الفعل (ثابت بلانك) لا تكتسب علاقة الدقة اهمية الا في الحقل الذري .
وينتج من ذلك ان الجسيمات الميكروسكوبية لا يمكن

ان يعين لها مسارات ، لأن ذلك يستلزم معرفة الموضع
والزخم بدقة في آن واحد ، وهذا غير ممكن حسب
علاقة اللادقة •

لا تقتصر علاقة اللادقة على موضع الدقيقة
وزخمها ، انما تشمل ازواجاً من مقادير فيزيائية اخرى
« مترافقة قانونياً » كالطاقة والزمن :

لا يمكن تخفيض حدود اللادقة المعطاة في العلاقة
المذكورة ، اي لا يمكن زيادة دقة القياس بزيادة دقة
جهاز القياس او طريقته ، او حذف التشويشات
والأضطرابات التي قد تحدث اثناء القياس ، فاللادقة
ليست امراً ذاتياً ، انما هي حقيقة موضوعية تتعلق
بطبيعة الدقائق الميكروسكوبية وبنيتها المعقدة •

وبعلاقة اللادقة امكن تفسير العديد من الظواهر
الفيزيائية التي لا يمكن تفسيرها في الفيزياء
الكلاسيكية •

تبين علاقة اللادقة بطلان الصورة الكلاسيكية
للدقائق الصغرى ، التي اعتدت عليها المادية الميكانيكية
حول حتمية الأحداث المادية وامكانية التنبؤ بها .

وهي نعكس رابطة موضوعية ، ضرورية
— عامة ، جوهرية — اي قانوناً . وقد استنتجت من
التحليل النظري للدراسة التجريبية للخواص الموضوعية
الموجية والدقائقية للجسيمات الأولية . ويحصل
أحياناً ان تفسر فلسفياً كما لو اننا لانستطيع معرفة
الأجسام الفيزيائية معرفة دقيقة بسبب فعل الذات على
الموضوع في التجربة . ولكن هذا التفسير مغلوط ،
فهو يتمسك بالمادية الميكانيكية ، ويعتمد على تصور
الجسيمات الصغرى تصوراً كلاسيكياً — وهذا
مافندته المعارف المكتسبة في الفيزياء الكوانتية . فهذه
الحقائق المكتشفة تجعل من الضروري التخلي عن
التجريد الذي كان له مايرره في معالجة الأجسام
الماكروسكوبية في الفيزياء الكلاسيكية في اعتبار تلك

الأجسام نقاطاً كتلية يمكن تعيين موضعها وزخمها في آن واحد . وليس من نقص المعرفة اذا بينت لنا علاقة اللادقة ان تجريدات الفيزياء الكلاسيكية ليست مطلقة ، ولا تطابق الواقع الموضوعي في العالم الأصغر . فتجريدات الميكانيك الكلاسيكي تتمتع بصحة كاملة في الحقول التي يمكن فيها اهمال كوانتم الفعل لبلانك لأن الأجسام التي تمثلها النقاط الكتلية كبيرة ، بحيث يمكن اهمال اللادقة في موضعها وزخمها (حسب ماتقتضيه علاقة اللادقة لها يزنبرك) . اما في الفيزياء الكوانتية التي تعالج حركة الجسيمات الميكروسكوبية فلا يمكن ذلك ، لأن تلك الجسيمات ليست اجساماً كلاسيكية . وعلاقة اللادقة لا تقيم اية حدود للمعرفة ، انما تبين خطأ الصورة الميكانيكية الكلاسيكية لجسيمات العالم الأصغر .

مبدأ التكميلية — complementarity principle

مبدأ نظر معرفي ونهجي اسسه وصاغه نيلز بور

(عام ١٩٢٨) لتفسير وحل المشاكل المعرفية المرتبطة
بثنائية الدققة - الموجة ، وفجواه ان الوجهين
الذين تظهر بهما الجسيمات الصغرى ، الدقائقسي
والموجي ، يناقض احدهما الآخر ويستبعده ، الا انهما
يكمل احدهما الآخر . وهذا يعني ان الوجهين
لا يظهران في آن واحد في التجربة الواحدة .

مبدأ التكميلية في محتواه العقلاني ، وبصرف
النظر عن التأويلات المتعددة ، ولا سيما الوضعية منها ،
جزء مهم من النهج المعرفي الفيزياوي الكوانتي .
فاليكانيك الكوانتي يدرس الجسيمات الصغرى في
تفاعلها مع محيطها الذي يتألف من اجسام كبيرة
(ماكروسكوبية) توصف بمفاهيم فيزياويسية
كلاسيكية . والتفاعل بين الأجسام الكبيرة التي توصف
كلاسيكياً والجسيمات الصغرى التي لا توصف
كلاسيكياً يستلزم جهازاً خاصاً من المفاهيم والطرق -
ومن هذه مبدأ التكميلية . وقد تجاوز بور بهذا

المبدأ صورة العالم الميكانيكية التي سادت قرونًا
عديدة • فلأول مرة استطاع عالم طبيعي ان يرفع
ضرورة الوصف بمفاهيم تكميلية يستبعد احدهما
الآخر الى مصاف المبدأ • ورغم ان جانب « استبعاد »
المتناقضات هو الذي يطغى في التكميلية ، الا ان هذا
المبدأ يحتوي مع ذلك على معالم جدلية ، وهو خطوة
في طريق التقرب من جدلية الطبيعية في العالم
الأصغر •

اختفت النواة العقلانية لهذا المبدأ في البدايات
في العديد من التأويلات المثالية - الذاتية • فبور
نفسه ومعاه العديد من ممثلي مدرسة كوبنهاغن وقعوا
بعض الوقت تحت تأثير الفلسفة الوضعية بشدة • وكان
العديد من تصريحات بور عن التكميلية مطبوعاً
بالطابع الوضعي ، او يفسر بهذا المعنى • مثال ذلك
موضوعه « التفاعل الذي لا يمكن السيطرة عليه
مبدئياً » بين الجسم الصغير (الميكروسكريبي) وجهاز

القياس الكبير (الماكروسكوبي) ، تلك الموضوعات التي توحى بوجود حدود مطلقة للمعرفة ، واستحالة الحصول على معلومات عن الجسيمات الصغرى • ومن الجدير بالذكر ان بور قد ابتعد في سنواته الأخيرة عن الأفكار الوضعية المثالية — الذاتية المتطرفة ، واصلح بعض آرائه الفلسفية ودققها • فبذ مثلاً موضوع التفاعل الذي لا يمكن السيطرة عليه مبدئياً » •

مبدأ التطابق ———correspondence principle

هو المبدأ القائل بأن نظرية تصح في حقل معين ، لا تفقد صحتها فقداناً تاماً بنشوء نظرية جديدة اعم ، انما تصبح قوانينها وصياغاتها الرياضية حالة خاصة حديثة من قوانين النظرية الجديدة وصياغتها الرياضية • وقد صاغ هذا المبدأ بشكله الخاص لأول مرة نيلز بور عام ١٩٢٠ بصدد العلاقة بين الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء الكوانتية بالصورة التالية : الفيزياء الكوانتية

تعطي نفس نتائج الفيزياء الكلاسيكية حينما يكون العدد الكواتني كبيراً ، او ان قوانين الفيزياء الكوانتية ومعادلاتها تتحول الى قوانين الفيزياء الكلاسيكية حينما يتقرب ثابت بلانك من الصفر $0 \rightarrow h$.

وقد بين التطور التالي في الفيزياء ان لهذا المبدأ اهمية كبيرة في الانتقال من احد حقول الفيزياء الى حقل آخر ، ومن نظرية الى اخرى . فقد تبين مثلاً ان البصريّات الهندسية حالة خاصة حديثة للبصريّات الموجية ، وذلك حينما يقترب طول الموجة من الصفر ، وان الميكانيك الكلاسيكي حالة خاصة حديثة للميكانيك النسبي حينما تعتبر سرعة الضوء لانهائية (او حينما تكون سرعة الجسم بطيئة جداً بالمقارنة مع سرعة الضوء) . ويصح مبدأ التطابق على علوم اخرى . فقد تبين مثلاً ان هندسة اقليدس حالة خاصة حديثة للهندسة اللا اقليدية ، وذلك حينما يصبح تحدب الفضاء صفراً .

يختلف مبدأ التطابق عن المبادئ العلمية الأخرى،
كمبدأ «الفعل الأقل» ومبدأ «حفظ الطاقة» مثلاً ، في انه
لا يخص اجساماً وعمليات مادية بصورة مباشرة ، انما
يعالج الروابط المنطقية والتاريخية بين النظريات
العلمية • وبهذا فهو مبدأ علمي فوقي •

يستند مبدأ التطابق فلسفياً على وحدة العالم
المادية والعلاقة الجدلية بين الحقيقة النسبية والحقيقة
المطلقة • فأية نظرية علمية تنجح في تفسير حقل معين
من ظواهر الطبيعة ، وتمثل بذلك حقيقة نسبية ، لا تهمل
او تنبذ بتطور المعرفة العلمية وارتقائها ، بل تلغى
بصورة جدلية ، اي تبقى محتواة ضمن نظرية او
حقيقة نسبية اخرى اعلى درجة منها • ورغم ان النظرية
الجديدة تنفي القديمة ، الا انها لا تنفيها نهياً ميتافيزيقياً
اي تنبذها باعتبارها غير صحيحة ، انما تنفيها نهياً
جدلياً ، اذ تبين حدود صحتها •

———— observability

قابلية الرصد

٢٠٠ "مبدأ" نظر معرفي في الفلسفة الوضعية ، يذهب الى
أن « فإ لا يمكن رصده ليس له وجود » •

• كان لهذا المبدأ أهمية تقديمية مقابل التأملات التي
لا أساس لها في دراسة الطبيعة لأنه يؤكد على الأساس
التجريبي الذي لا يستغنى عنه في هذه الدراسة • ولكن
هذه الحقيقة استغلت بتفسيرها تفسيراً مثالياً — ذاتياً •
وكان الأساس الذي اعتمد عليه هذا التفسير مقولة
بركلي : « الوجود هو المحسوس » •

قابلية الرصد مشروطة تاريخياً ، لأنها تعتمد على
مستوى تطور العلم في زمن معين • وقد يؤدي اشتراط
الآخذ بها من أجل التسليم بوجود الشيء الى استنتاجات
مغلوبة ، فتصبح عائقاً في سبيل البحث العلمي ، لأن
عدم قابلية رصد الشيء لاتضمن عدم وجوده •

أما من وجهة نظرية المعرفة فيتناقض مبدأ قابلية
الرصد مع حقيقة وجود واقع مستقل عن الوعي •

ويمكن الخطأ الأساسي لهذا المبدأ في إهمال النظرية
وجعل التجربة مطلقة . وقد أبان تطور الفيزياء الحديثة
أن التفكير التجريدي والاستنتاجات الرياضية يمكن
أن تقدم معارف موثوقة يركن إليها .

لقد استغل الوضعيون لدعم هذا المبدأ نبذ
مفهوم « الأثير » في النظرية النسبية الخاصة بعد فشل
تجربة مايكلسون - مورلي ، ذا هبين إلى أن الأثير لم
يسكن رصده ، ولذلك فهو غير موجود . غير أن مبدأ
قابلية الرصد يمكن أن يحتوي على لب مادي في صياغته
المعكوسة ، وأن بدت تافهة ، وهي « ما لا يوجد لا يمكن
رصده » . فالأثير لم يكن بالمستطاع رصده لأنه غير
موجود .

ويذهب الوضعيون في تفسير في دور الراصد في
التجربة مذهباً ذاتياً . فاعتماداً على حقيقة أن الوجه
(الدقائقي أو الموجي) الذي تظهر به الجسيمات
الصغرى في التجربة يعتمد على الجهاز المستعمل ،

اللفحص عنها ، يزعمون ان تلك الصفة تعتمد على ارادة القائم بالتجربة (الراصد) الذي يختار الجهاز ، أي انها تعتمد على الذات . ولهذا فصفات الموضوع (الجسيمات الصغرى هنا) حسب رأيهم لا تعتمد على الموضوع المفحوص ، انما تخلقها الذات المتفحصة (الراصد) خلال عملية الفحص . وبهذا لا يمكن التمييز تمييزاً واضحاً بين موضوع المعرفة والذات المتعرفة في الفيزياء الكوانتية - كما اعتقدوا .

غير ان الجسيمات الصغرى تحوز على تلك الصفات بالأستقلال عن الذات (الراصد) ؛ ولا تظهر تلك الصفات الا في ظروف موضوعية مستقلة عن الوعي . اما كون هذه الظروف يخلقها الراصد القائم بالتجربة باختياره فلا يقوم دليلاً على الذاتية النظر معرفية ، اذ ان اية تجربة تجري بالواقع بالأستقلال عن الانسان القائم بها . فصحيح ان الانسان يحدد الشروط التي تجري فيها التجربة سلفاً ، الا ان عمليات التجربة

تجري بشكل موضوعي • وتظهر تلك الموضوعية في حقيقة ان التجربة تعطي نفس النتائج ببقاء تلك الشروط ، أي تظهر نفس العلاقات الجوهرية العامة • وذلك يعني ان القوانين التي تجري بموجبها التجربة مستقلة عن وعي الانسان واراادته • كذلك صفات الجسيمات الصغرى مستقلة عن الذات التي تتفحصها (الراصد) وعن الوعي • وبذلك لا يمكن للراصد ان يخلق صفات الشيء المفحوص (الجسيمات الصغرى) •

اما تلك المزاعم فلا تعني الا التنكر لفكرة ان للعالم وجودا موضوعيا مستقلا عن الانسان الراصد • وغني عن البيان ان فكرة مساهمة الراصد في خلق صفات الشيء المرصود ، هذه الفكرة الدالة على نظرة فلسفة مثالية - ذاتية ، يتسم بها تفسير « مدرسة كوبنهاغن » للميكانيك الكوانتي ، تختلف جذرياً عن الفكرة المادية القائلة بأن واجب الفيلسوف لا يقتصر على تفسير العالم وحسب ، انما تغييره ايضاً • فتغيير

العالم هنا يجري بأرادة واعية من الانسان بالاعتماد على
معرفة قوانين العالم الموضوعية •

مدرسة كوبنهاغن

مدرسة كوبنهاغن جماعة من الفيزيائيين تجمعت
حول نيلز بور (معهد الفيزياء النظرية في كوبنهاغن)
في العشرينات واوائل الثلاثينات من هذا القرن ،
وذهبت في التفسير الفلسفي للنظرية الكوانتية الحديثة
مذهباً خاصاً متأثراً الى حد بعيد بالفلسفة الوضعية
الجديدة التي ادعت لنفسها كونها « فلسفة العلم » •

لقد تبني العديد من الفيزيائيين الفلسفة الوضعية
كرد فعل لخيبة املهم في الفلسفات التقليدية التأملية
التي عجزت عن حل المشاكل الفلسفية التي اثارها تقدم
علم الطبيعة • وقد تعمقت خيبة الأمل تلك بالاكشافات
الكبيرة التي انجزتها الفيزياء في بداية هذا القرن في
المجالين العملي والنظري ، ولاسيما بعد تطوير النظرية

النسبية والنظرية الكوانتية ، وما استوجبتة من اعادة النظر في عدد من المفاهيم الفلسفية المتعلقة بالعلم كالسببية والحتسية والقانون وغيرها ، وما طرحته من اسئلة تمس اسس العلم مثل ماهي النظرية العلمية ؟ وكيف تبنى ؟ وكيف ترتبط بالواقع العلمي ، التجربة ؟

الكفاح ضد التأملات الضبابية والغامضة ، والصرامة في صياغة المفاهيم ، والأعتماد على الخبر العملية الاكيدة ، كلها جوانب ايجابية حاول الوضعيون الجدد التأكيد عليها . ولذلك فليس من العجيب ان ينجذب الى تلك الفلسفة العديد من الفيزيائيين والرياضيين (هايزنبرگ ، بور ، غودل ، ..) من الذين لم ترضهم الفلسفات التأملية التقليدية التي لا تقدم حلا لمشاكل العلم معتقدين ان الوضعية الجديدة ضالتهم المنشودة ، فاعتبروها فلسفة العلم الحقيقية .

غير ان المنطلق الأساسي التجريبي للفلسفة الوضعية بكل اشكالها ، واختزال واجب الفلسفة الى التحليل

المنطقي للغة العلم ، كما تذهب الوضعية المنطقية .
يسلبها حق الأدعاء بكونها « فلسفة العلم » ، ولا يسأله
على تطور العلم ، كما لا يصح ان يكون اسسا لبناء
فلسفة علمية .

انزت الفلسفة الوضعية الجديدة على مسنلي
مدرسة كوبنهاغن مدة طويلة تأثيرا غير قليل . ولكن
يجب الاشارة بهذا الصدد الى ان مدرسة كوبنهاغن
العقدانية الايجابية لما يسمى بـ « تفسير كوبنهاغن
للميكانيك الكوانتي ينطوي على تعدد في الاتجاهات
الفلسفية ، يمتد من آراء مثالية - ذاتية متطرفة كما
هي الحال مع يوردان ، الى بعض المواقف المادية
العلبة - الطبيعية كما هي الحال مع بورن . كما ان
آراء عدد من ممثليها لم تبقى هي هي دائما ، انسا
تنورت وتبدلت مع الزمن ، مع عزوف عن الوضعية
المتطرفة ، وميل نما عند البعض نحو المادية (بورن ،
بورن) .

ظهر الاتجاه الفلسفي - الذاتى في مدرسة كوبنهاغن في البداية في فهم العلاقة بين الذات والموضوع فهماً وحيد الجانب (الزعم باختفاء الحدود ما بين الذات والموضوع) ، حيث انكرت الصفة الواقعية - الموضوعية للشيء الفيزيائى الكوانتى (الدقائق الصغرى كالإلكترونات مثلاً) نكراناً كلياً أو جزئياً .

وكان لمعظم ممثلى مدرسة كوبنهاغن افكار صريحة أو خافية من « اللاعلمية الفيزيائية » ، ورفض شديد للحتمية استنادا الى الصفة الإحصائية لقوانين الميكانيك الكوانتى ، ولو ان ذلك بالأساس ، كما بين بورن ، لا يعنى سوى الانتقاد الصحيح والضرورى الموجه للحتمية الميكانيكية وفهمها القاصر للسببية . كما ابرز بور وبون اهمية القوانين الإحصائية الى جانب القوانين الديناميكية ، ودافعا عنها ضد انتقادات آينشتاين الذى اعتبر القوانين الاحصائية حلاً مؤقتاً . هذه النظرة للقوانين الفيزيائية ، والمحاولة النظرية

للتخلص من الأحكام المسبقة الميكانيكية بواسطة.
« مبدأ التكميلية » ، واستيعاب التناقض الموضوعي.
فكرياً (كثنائية الدقيقة — الموجة) هي من الجوانب
العقلانية الايجابية لما يسمى بـ « تفسير كوبنهاغن
للميكانيك الكوانتي » .

أما الطابع الثاني — الذاتي الطافي في تفسير
مدرسة كوبنهاغن الفلسفي للميكانيك الكوانتي
فأساسه فقد الفهم الجدلي للمادة وبنيتها ، والجهل
بجدلية القانون والصدفة ، وبالاحتمية الجدلية ونظرية
التناقض الجدلي ، رغم أن بور تقرب بمبدأ التحيكية
من معرفة الوحدة الجدلية للاوجه المتناقضة في الفيزياء
الكوانتية .

لقد لعب دوراً في رفض الحتمية من جانب مدرسة
كوبنهاغن واقع ان فكرة الحتمية (الميكانيكية) المعروفة
آنذاك فشلت في الفيزياء الكوانتية . فهذا الرفض يصبح
منهوماً تماماً اذا اعتبرت فكرة الحتمية للمادة الميكانيكية

هي الوحيدة والمطلقة ، كما كان الحال في الفيزياء في
النسريئات على العموم ؛ لأن الحقائق العلمية تتطلب
ذلك . غير ان التعميمات الفلسفية التي استنتجت من
ذلك كانت مبتسرة ومغلوطة . وقد بين بورن بوضوح
ان ما كان يجب رفضه حقيقة هو - « حتمية الفيزياء
الكلاسيكية » (٣٨) .

مايلي ابرز آراء مدرسة كوبنهاغن حول الأحداث
في العالم الصغير :

أ - ان جسيمات العالم الصغير لا تكتسب صفة
الواقع الموضوعي الا حينما تسجل بواسطة جهاز مختبري
ويحس بها احساسا ماكرو سكوبيا (القياس او
الرصد) .

ب - لا يمكن الفصل فصلا واضحا بين الراصد
(الانسان أو الجهاز) والمرصود (الدقيقة ، الذرة) ،
أي بين الذات والموضوع ، وان المرصود ليس له واقع
موضوعي مستقل عن الراصد .

ج - التفاعل بين الجسم الصغير (الدفيعه
الميكروسكوبية) وجهاز القياس يخلق اضطراباً في
الجسم لا يمكن السيطرة عليه أو معرفته مقدماً •

د - للراصد امكانية الاختيار الحر بين ترتيبين
مختبريين مختلفين يؤدي كل منهما الى معلومات عن
الجسم الميكروسكوبي تتنافى مع ما يؤدي اليه الترتيب
الآخر ، الا انها تكملان بعضهما (مبدأ التكسيpline) •
و فر ذلك بأن الخواص التكميلية (الدقائقية أو الموجية)
للدقائق الصغرى تتولد بتأثير الذات على الموضوع ،
ولذلك لا استطاع معرفة الشيء (الموضوع) في جوهره •
وبهذا كانت ثنائية الدقيقة - الموجة وعلاقة اللادقة
تسر ان تفسيراً لا ارادياً •

هـ - الأحصاء والسببية ، أ والأحتمال والحنسية •
نقيضان يتنافى احدهما مع الآخر تناقضاً مطلقاً ، ولا
يمكن التوفيق بينهما • وان قوانين الميكانيك الكوانتي

الأحصائية تعني الاحتمية واللاسببية في أحداث العالم الصغير (الميكروسكوبي) •

و - واجب الفيزياء يختصر في وصف الروابط بين الأحاساسات وصفاً شكلياً • أما الواقع الموضوعي الذي هو مصدر تلك الأحاساسات ، وامكان معرفة هذا الواقع ، فينبذ من تفكير البعض باعتباره تأملات « غير ذات معنى » •

لنتفحص الآن مدى انطباق هذه السمات على آراء ابرز ممثلي مدرسة كوبنهاغن :

كتب يوردان P. Jordan : « الأشياء

والأحداث في العالم الكبير هي وحدها التي لها حقيقة بالمعنى الدقيق للكلمة • ففيها وحدها يصح القول بوجود موضوعي وحدث موضوعي مستقل عن الراصد • أما الكيان الميكروسكوبي والحدث الميكروسكوبي المنفردان فبفتقدان الثبت الموضوعي ، ولا يكتسبان صفة الحقيقة التامة إلا في التجارب النادرة الاستثنائية ،

حينما يولدان آثاراً تشاهد في العالم الكبير» (٣٩) •
وكتب عن السببية في العالم الصغير : « ان الفيزياوي
الحديث الذي تغوص امكانياته الحسية التجريبية الى
اعماق الطبيعة يرى هنا في كل وجود مادي ، وخلال
حركات الذرات والألكترونات العشوائية ، حدثاً كل
فعل منفرد فيه (كل حركة للذرة أو الالكترون) يجري
بدون سبب ، ولا يمكن التنبؤ به ، كحركة الجن » (٤٠) •

وذهب هايزنبرك W. Heisenberg الى

انه لا يمكن ان توجد « فيزياء موضوعية » ، أي ان من
من الممكن وضع حد فاصل واضح بين الموضوعي
والذاتي ، وان الفيزياء الذرية لا تعالج بنية الذرات ،
بل احداثاً نحس بها عند الرصد ، وليس من الممكن جعل
الرصد عملية موضوعية ، ولا يمكن اعتبار نتائجه شيئاً
واقعياً بصورة مباشرة • وكتب : «تختصر مهمة الفيزياء
في وصف الترابط بين الأحساسات وصفاً شكلياً فقط •

وبأمكننا ايجاز الواقع الحقيقي كما يلي : بما ان جسع
التجارب تخضع لقوانين الميكانيك الكوانتي ، اصبح
خطأ قانون السببيه مثبتاً اثباتاً قاطعاً « (٤١) .

ومما يجلب الآتباء ان هايزنبرك لم يكن له موقف
واضح ثابت من « الواقع الموضوعي » . فهو يكتب
عن الذرة مثلاً : « في الجوهر نجد ان الدقيقة الأولية
ليست جسيماً مادياً في الفضاء والزمان ، انما هي بشكل
من الاشكال ومجرد رمز تتخذ قوانين الطبيعة عند
تقديمه شكلاً سهلاً واضحاً ... ان خبرات الفيزياء
الحديثة تبين لنا ان لا وجود
للذرات كجسيمات بسيطة . الا ان تقديم مفهوم
الذرة يمكننا من صياغة القوانين التي تحكم المعطين
الفيزيائية والكيميائية صياغة « سهلة (٤٢) . ولكنه
يكتب في نفس المقال : « ان الشرط المسبق للتدخل
الفعال العلمي في العالم المادي والموجه لاغراض عملية
هو المعرفة الواعية بالقوانين الطبيعية المصاغة بقائمه

رباضي « (٤٣) • وكتب في مكان آخر : « العلم يش
بشكل من الأشكال محاولة لوصف العالم بالمدى الذي
يكون فيه هذا العالم مستقلاً عن فكرنا وعسلنا • أما
حواسنا فليست سوى وسيلة محدودة الكمال ، تمكننا
من اكتساب المعرفة عن العالم الموضوعي » (٤٤) •

اما نيلزبور N. Bohr فقد ذهب الى وجوب
الكف عن وصف الأحداث الطبيعية وصفاً سببياً في
الفضاء والزمان ، واعتبر السببية « مكملة » للوصف
الفضازماني ، بحيث يتنافى احدهما مع الآخر ، اذ كتب :
«تبعاً لجوهر النظرية الكوانتية ! يجب علينا ان ننظر
الى الوصف الفضازماني ومطلب السببية ، اللذين كان
اتحادهما احد المعالم الرئيسية للنظريات الكلاسيكية ،
باعتبارهما شيئين (متكاملين) ويتنافى احدهما مع
الآخر في وصف محتوى التجارب » (٤٥) • وذهب الى
ان الميكانيك الكوانتي لا يزودنا الا بخطة للحساب تربط

بطريقة احصائية (احتمالية) مجموعة من الظواهر
— التي توصف كلاسيكياً — بمجموعة اخرى •
ولا يستطيع المرء ان يقول ان هناك جسماً كواثياً
(الكترونات مثلاً) ، فهذا هو مجرد اسم نشأ عن وصف
الظاهرة •

واما بولي W. Pauli فقد ربط بين الصفة
الأحصائية (الاحتمية حسب رأيه) لقوانين الفيزياء في
العالم الصغير وبين حقيقة ان المجرب يمتلك حرية
الاختيار بين ترتبتين تجريبيين يكمل احدهما الآخر ،
الا انهما يؤديان الى معلومات عن الدقائق تتنافى مع
بعضها ، واستنتج من ذلك ان الرصد يتصف باللاسبية
واللاعقلانية ، ويعبر عن وجود « احتمالات اولية ... »
لا يمكن ان ترجع الى قوانين سببية حتمية » (٤٦) •

اما شرودنجر E. Schrödinger فبالرغم
من انه لم يكن من جماعة مدرسة كونيهاغن ويختلف

واياها في بعض الآراء ، الا انه كان يتفق معها في نكران
 الحتمية والسببية في العالم الصغير • يقول شرودنجر :
 «من اين اتى الاعتقاد السائد عن الحتمية السببية المطلقة
 للأحداث الذرية ، والأقتناع بعدم وجود ما يناقض
 ذلك ؟ اتى ذلك بكل بساطة من التعود الذي نشأ عبر
 آلاف السنين في التفكير سببياً ••• ومن اين اتت
 هذه العادة في التفكير ؟ من مراقبة استمرت آلاف
 السنين للاحداث الطبيعية (القوانين) التي نعرف
 الآن بكل تأكيد انها ••• ليست سببية بشكل مباشر ،
 اما هي قوانين احصائية غير مباشرة » (٤٧) •

وكان ماكس بورن M. Born على رغم

اتصاله الوثيق بممثلي مدرسة كوبنهاغن ، معارضاً
 للاتجاه الفلسفي الوضعي فيها ، ومدافعاً الى حد بعيد
 عن المادية (العلمية - الطبيعية) في تفسير الفيزياء
 الحديثة • فقد كتب عن الوضعية : « الوضعية بمعناها
 الدقيق تنكر واقعية العالم الخارجي الموضوعي ، او انها

على الأقل تنكر امكانية قول شيء عن هذا العالم .
قد يظن المرء ان لا يوجد من الفيزيائيين من يؤمن
بهذه الآراء ؛ ولكن الحقيقة انه يوجد عدد منهم كذلك ؛
بل اصبحت هذه الفلسفة (مودة) شائعة بينهم ... ان
الوضعية المتطرفة التي لا تعترف بغير الأحاسيس
كحقيقة ، وتعتبر كل ما عداها تراكيب لربط تلك
الأحاسيس ربطاً منطقياً ، لا تعدو عن كونها فلسفة
تتناقض بصورة واضحة مع الفلسفة التي تستهدف تعميم
الحقائق . انها فلسفة ذاتية بدرجة عالية » (٤٨) .

رفض بورن الحتمية (الميكانيكية) وايد السببية .
فقد كتب : « يبدو لي الآن ان المساواة بين الحتمية
والسببية تؤدي الى الخطأ » (٤٩) ، وان « الميكانيك
الكوانتي الجيد لا يسمح بتفسير حتمي . ولكن بما ان
الفيزياء الكلاسيكية قد ساوت بين السببية والحتمية ،
بدا وكأن التفسير السببي للطبيعة قد حلت نهايته . اني
لا اشاطر هذا الرأي ... فالفهم الميكانيكي الحتمي قد

غير ان فلسفة اخرى لا تقتصر على رفض السببية ايضاً ،
أتى بفلسفة تغمض عينها عن الحقائق التجريبية الواضحة •
تبدو لي كذلك حمقاء « (٥٠) • و « ان الذي يجب رفضه
حقاً هو حتمية الفيزياء الكلاسيكية ••• ومفهوم الواقع
الساذج الذي يفهم دقائق الفيزياء الذرية كما كانت
حبات رمل صغيرة جداً » (٥١) •

اضافة الى ذلك كان بورن يرى ان الموديلات
والصور الفيزيائية والفرضيات ليست تتاجاً للتخيل الحر
الفارغ ، انما لها محتوى موضوعي « وتمثل اشياء
حقيقية » • واعتقد بورن ان علم الطبيعة يبحث في
احداث موجودة وجوداً موضوعياً حقيقياً ؛ وان
الاحساسات والمشاهدات دلائل للعالم الخارجي ؛ وان
ثنائية الدقيفة - الموجة ليست دليلاً ضد اي منهما ، انما
تكشف عن البنية المعقدة للعالم الفيزيائي الموضوعي ،
وان الدقائق والامواج ليست خلقاً فكرياً ، ، انما هي
موجودة في الواقع ، وان الباحث الذي يقوم لابتجربة

يكتف موقف المتفرج منها ، بل يؤثر على الحدث الذي يريد فحصه .

لقد وقف العديد من الفيزيائيين ضد الاتجاه الوضعي لمدرسة كوبنهاغن في تفسير الميكانيك الكوانتي . وبالرغم من ان غالبية الفيزيائيين قد قبلت بالتفسير الاحصائي للدالة الموجية ، الا ان بعضهم لم يكتف به ، ورأى فيه تفسيراً اجمالياً يجب ان يخلي مكانه لتفسير حتمي صارم . وحاول دي بروغلي مع بوم وفيجيه التوصل الى وصف حركة الدقيقة المفردة بافتراض وجود « عوامل خافية » ، كما حاول بوم ، على نقيض شرودنجر ، تفسير الميكانيك الكوانتي بأجمعه على أساس التصور اللقائقي الاعتيادي . وكان آينشتاين على رأس معارضي مدرسة كوبنهاغن .

لم يرفض آينشتاين الميكانيك الكوانتي رفضاً ، قاطعاً انما كان يعتبره من انجح النظريات الفيزيائية في هذا العصر ، واعترف بأهميته في تفسير المسائل الفيزيائية

المرتبطة بشئانية الدقيقة - الموجة ، واكد على نجاحه في مجالات مختلفة من الفيزياء . وكتب قبل وفاته بقليل « انني اعترف اعترافاً كاملاً بالتقدم الهام جداً الذي اتت به النظرية الكوانتية الاحصائية للفيزياء النظرية ... ان العلاقات الشكلية المحتواة في هذه النظرية ، أي صياغتها الرياضية ، يجب ان تحتويها اية نظرية مفيدة مقبلة بشكل نتائج منطقية » (٥٢) . وكان آينشتاين ينظر الى علاقة اللادقة لهايزنبرج باعتبارها حقيقة « ثبتت صحتها بصورة نهائية » (٥٣) .

غير انه كان من الناحية الأخرى لا يرى في الدالة الموجية الواردة في معادلة شرودنجر - وهي المعادلة الأساسية في الميكانيك الكوانتي - وصفا كاملاً لدقيقة مفردة ، وانما لمجموعة من الدقائق ، ولهذا السبب نشأت، حسب رأيه ، الصفة الاحصائية للميكانيك الكوانتي . وكان يرى ان الأحصاء لا يصح ان يكون اساساً لتطور الفيزياء ، واعتقد بإمكان ايجاد نظرية تستطيع التعبير

عن حركة جسم منفرد بواسطة دالة متصلة فضائياً وزمانياً،
بما كان مشلو مدرسة كوبنهاغن برون في النظرية
الكوانتية الاحصائية حلاً نهائياً للمشاكل الفيزيائية في
الحقل الذري . ولم ير آينشتاين سبباً يدعو الى الاعتقاد
بان قاعدة الفيزياء ستبنى في المستقبل على الأحصاء .
وذهب الى ان هذه النظرية لا تقدم منطلقاً مفيداً لتطور
الفيزياء اللاحق .

كان آينشتاين يرى في الاحتمال الذي تتضمنه
النظرية الكوانتية الاحصائية شيئاً يتعارض مع الخضوع
للقانون ويتنافى معه . فقد كتب الى ماكس بورن مرة
« لقد تطورنا في عملنا العلمي حتى اصبحنا نقيضين .
انت تؤمن بأله الرد ، وانا اؤمن بوجود موضوعي
في عالم خاضع للقوانين اسعى لاكتشافه . . . ان النجاحات
الأولى للنظرية الكوانتية ليس باستطاعتها ان تقودني
الى الايمان بلعبة الرد » (٥٤) . ولعبة الرد هذه كناية
عن الصفة الاحصائية التي يتسم بها الميكانيك الكوانتي ،

حيث يلعب الاحتمال (وهو تعبير عن درجة امكان حصول الحدث بالمصادفة دورا مركزيا فيه •

الدقائق الاولى

الذرية في التاريخ

« الذرية » بمعناها العام الواسع هي الفكرة القائلة : بأن جميع الاجسام المادية تتألف من جسيمات اولية - ذرات • وهي تاريخيا نظرية فلسفية مادية وعلمية - طبيعية اساسها افتراض وجود دقائق صغرى غير قابلة للتجزئة ، الذرات ، يسكن بواسطتها تفسير تعدد ظواهر الطبيعة واحداثها ، والمواد وخواصها ، تفسيراً موحداً •

تمثل الذرية في تاريخ الفلسفة اليونانية قمة تطور المادية القديمة • فقد ذهب لويكيبي (حوالي عام ٤٥٠ ق • م) وتلميذه ديمقريط (٤٦٠ - ٣٧٠ ق • م) الى

ان المادة تتألف من دقائق ، لا يمكن تجزئتها ، ذات
نوعية واحدة ، ولا تختلف عن بعضها الا بالشكل
والحجم ، وهي لانهاية في عددها ، خالدة ، ازلية
ابدية ، لا تبلى ، ولا تخرق ، وتفترض وجود الفضاء
الفارغ كشرط لحركتها . ويعود التنوع في الأشياء
الموجودة في العالم وظواهره واحداثه الى اختلاف
حركات الذرات .

طور ابيقور (٣٤٢ - ٢٧١ ق . م) نظرية ديمقريط ،
فأتى بـ « الثقل » كخاصية اساسية للذرات الى جانب
الشكل والحجم . وبهذا تنبأ حدساً وعلى طريقته التأملية
بوجود الأوزان الذرية للعناصر . وكان ابيقور يفرق ما
بين قابلية التجزئة الفيزيائية والرياضية . فبينما كانت
الذرات عنده لا يمكن تجزئتها فيزيائياً باعتبارها الدقائق
الاخيرة غير قابلة للتجزئة ، اكد من الجهة الاخرى امكانية
تجزئتها رياضياً . ولم يكن عنده غير قابل للتجزئة

رياضيا الا مالم يكن له امتداد • ومالم يكن له امتداد
هو عند ابيقور لا شيء على الإطلاق •

قام لوكريتيس (٩٩ - ٥٥ ق.م) بعد أبيقور
بتطوير آخر لنظرية ديمقريط • فقد فسر حركة الدوامة

الذرية بواسطة « الزيج » declination او

الانحراف في حركة الذرات عن مساراتها • واستنتج من
الحركة الإرادية عند الإنسان والحيوان حركة
إرادية للذرات ، وازال من النظرية الصفة الجبرية
التي كانت ملازمة لها عند ديمقريط وأبيقور ، دون
المساس بصورة العالم المادية الصارمة التي توصل إليها •
وكان الشكل الذي اعطاه لويكيبي وديمقريط والبيقور
ولوكريتيس للنظرية منطلقاً وأساساً لجميع النظريات
الذرية اللاحقة •

اختفت النظرية خلال العصور الوسطى تحت غبار
النسيان •

وبعد ما يقارب ألفي سنة على نشوء النظرية
الذرية اليونانية عاد إليها كاسندي (١٥٩٢ - ١٦٥٥)
وحاول بمساعدتها ان يفسر الحالات المختلفة لتكتل
المادة . فأن كان الاشتغال بالنظرية الذرية يقتصر حتى
ذلك الوقت على الفلاسفة فقط بدأ الان علماء
الطبيعة يعملون بها . وكان اهم ممثلي الذرية في
القرنين السابع عشر والثامن عشر : ديكارت وغاليليو
وبرونو وبويل وهيجنس ونيوتن وديدرو وموبرتوي .
جرى تجديد الذرية بالأرتباط الوثيق مع علم
الطبيعة الحديث ، وبملاحم ميكانيكية في الغالب .
فحركة الذرات اصبحت تفسر على اساس ما اكتشف
آنئذ من قوانين عامة في الميكانيك - وهذا هو الجديد
الذي اتت به ذرية ذلك العصر كأضافة للذرية
القديمة . ومنحت الذرات خصائص ميكانيكية فقط
(شكل ، صلابة ، خشونة ، ...) لتفسير الترابطات

الذرية ، وصفات كمية اصبحت فيها حركة الذرات
تعزى الى الضغط والأصطدام .

كان اكتشاف الأوزان الذرية (دالتون - ١٨٠٣)
والنظام الدوري للعناصر الكيميائية (مندليف - ١٨٦٩)
يعنيان نهاية الذرية التأملية والانتقال الى النظرية الذرية
العلمية - الطبيعية الحديثة . وقد ساهم في تشييد
صرح النظرية الذرية الحديثة عدد كبير من الكيميائيين
والفيزيائيين . وعرف بسرعة ان العدد الهائل من
المركبات الكيميائية يمكن ارجاعه الى عدد محدود من
العناصر . ومع ذلك فعدد هذه العناصر الذي اصبحت
يقارب المائة لم يكن مرضيا تماما . لهذا قدم براوت عام
١٥٨١ فرضية تقول بأن جميع الذرات مبنية من
الهيدروجين . ولكن هذه الفرضية لم تصمد امام
النقد آنذاك ، اذ لم تكن الأوزان الذرية للعناصر
الثقيلة اعدادا صحيحة .

باكتشاف النشاط الإشعاعي قامت اولى الشكوك

حول استقرار الذرات وعدم قابلية انقسامها • وفي عام ١٨٩٩ قدم ألستر وگیتل الفرضية القائلة بأن النشاط الأنساعي يعود الى تفسخ العناصر •

في مستهل القرن الحالي تشكك بعض العلماء من ذوي الاتجاه الوضعي (ماخ وغيره) في وجود الذرات • ولكن نجاح نظرية الحرارة الحركية (بولتسمان ، جيبز ، وغيرهما) اوضح فيزيائياً ان الذرات جسيمات مادية حقيقية • غير ان قابلية الذرات على التجزئة او عدم قابليتها بقيت حينذاك مسألة تنتظر الدراسة والحل •

لم يعد اسم «الذرية» ينحصر ، كما كان ، بـ « احجار » المادة الصغرى غير قابلة الانقسام ، انما يطلق الآ ايضاً على المقادير الأولية للخواص الفيزيائية للاظمة الميكروسكوبية • فيجري الكلام مثلاً عن البنية الذرية للشحنة الكهربائية ، ويقصد بذلك : ان لا يوجد تجريباً الا مضاعفات كاملة من شحنة صغرى ،

هي الشحنة الأولية (شحنة الألكترون) • والأمر
مماثل مع السبين (العزم الدوراني الخاص للدقيقة
الأولية) •

فيزياء الدقائق الأولية

فيزياء الدقائق الأولية (تسمى أيضاً فيزياء الطاقة
العالية) تسعى للأجابة على سؤاين اساسيين :
١ - ماهي « الأحجار » (المكونات) الأولية
التي تبني منها المادة ؟ •

٢ - ماهي القوى الأساسية العاملة بينها ؟ •
لا توجد حتى الآن نظرية موحدة للدقائق الأولية
إلا هناك مقترحات وموديلات مختلفة •

كانت بنية المادة تبدو حتى قبل سنوات قليلة
وكأنها بسيطة • فهناك اقل من ١٠٠ عنصر كيميائي في
الطبيعة ، يبنى منها كل ما هو موجود في العالم • وكل
ذرة من تلك العناصر تتألف من نواة ذات شحنة كهربائية

موجبة ، تحيطها الكترونات سالبة • وتتألف نواة الذرة بدورها من بروتونات ونيوترونات (تسمى دقائق النوعين « نيوكليونات ») • ثم اكتشف للالكترون « اخوان » اثنان يشاركانه في خواصه الاساسية (الشحنة ، السبين ، ...) ، سوى انهما اثقل منه ، وهما الميون والتاوون • ويطلق على صنف « الألكترونات » الثلاثة اسم « اللبتونات » • واكتشف لكل واحد من هذه اللبتونات شريك متعاذل - « نيوترينو » •

لقد وجد لكل دقيقة اولية « اعتيادية » دقيقة مضادة (ضديد) ، تشابهها • في جميع خواصها (الكتلة ، مقدار الشحنة ، مقدار العزم المغناطيسي ، ...) عدا نوع الشحنة واتجاه السبين • وبدأ اكتشاف « الدقائق المضادة » بالبوزترون الذي تنبأ به ديراك (١٩٢٨) نظرياً ، واكتشفه اندرسون عملياً في المختبر (١٩٣٢) بين مكونات الاشعة الكونية • ثم توالت بعد ذلك اكتشافات الدقائق المضادة • ومن الحقائق المعروفة انه

إذا التقت احدى الدقائق « الاعتيادية » بضديدها ،
فأنهسا يتحولان الى دقائق اخرى أو اشعاع في ما يسمى
بعملية « الأفناء الزوجي » . وغني عن البيان ان « الدقائق
المضادة » هي مادة ايضا بالمعنى الفلسفي ، لأنها تمثل
واقعا موضوعياً يوجد خارج الوعي ومستقلا عنه ،
كالدقائق « الاعتيادية » تماما .

من الخصائص المميزة الاولى ، قابليتها على التحول .
فدقائق نوع واحد يمكن ان تتحول الى دقائق من نوع
آخر . وقد تتحول دقائق لها كتلة سكونية الى اخرى
ليست لها هذه ، والعكس صحيح ايضا . وتخضع هذه
العمليات لقوانين حفظ معينة ، اضافة لقوانين الحفظ
المعروفة في الفيزياء الكلاسيكية (حفظ الطاقة ، حفظ
الزخم ، ...) . وهذه القوانين تسمح ببعض الأنواع
من التحولات ، وتمنع اخرى . وفي قابلية تحول الدقائق
الأولية هذه تبرز احدى الصفات الأساسية للمادة

المتحركة ، وهي امكان تحول شكل معين للمادة الى شكل آخر يختلف عنه نوعياً .

تتوفر الآن ، وتتطور بشكل مستمر ، وسائل نظرية (كالنظرية الكوانتية ، والنظرية النسبية ، والألكتروديناميك الكوانتي ، وغيرها) وامكانيات تجريبية (معجلات ذات طاقات عالية جدا ، كثافات كبيرة لتيارات الدقائق ، اجهزة لرصد الدقائق ذات الطاقة العالية الآتية في الاشعة الكونية الى الأرض والفضاء القريب منها ، طرق بالغة الحساسية للقياس ، تكتيك معقد للحساب لتحليل كمية كبيرة من المعلومات) ، يسعى الفيزيائيون باستخدامها للتوصل الى جواب لمسألة وجود « دقائق اولية » يمكن ان تعتبر احجارا اساسية تبنى منها جميع الأجسام المادية بناء فيزيائياً .

لقد اكتشفت حقائق فيزيائية حفزت بعض العاملين في هذا الحقل (كل - مان ، وتسفايگك - ١٩٤٦ ، بالاستقلال عن بعضهما) الى افتراض وجود دقائق

اصغر مما ذكرنا حتى الآن ، تبني منها النيوكليونات •
فقد اعتبر كل نيوكليون حسب تلك الفرضية الجريئة
يتألف من دقائق صغرى ثلاث، سميت الواحدة منها
« كوارك » quark • ويحمل الكوارك

شحنة كهربائية تعادل $+\frac{2}{3}$ أو $-\frac{1}{3}$ من شحنة
الالكترون الأولية • ولكل كوارك - كما هو الحال
في بقية الدقائق الأولية - كوارك مضاد ، يعاكسه في
الشحنة والسبين ، ويشابهه في الخواص الاخرى •
وتتوقع النظرية وجود ستة انواع من هذه الكواركات ،
اكتشفت كلها ؛ وكان آخرها قد اكتشف في بداية تسور
(يوليو) ١٩٨٤ • فاما الميزونات (وهي دقائق ذات
عمر قصير توجد في الاشعة الالكترونية أو تتولد في
المعجلات) فيمثل الواحد منها حالة ترابط بين كوارك
وكوارك مضاد 22^- ، واما الباريونات (البروتون
والنيوترون مثلا) فيمثل الواحد منها كما قلنا حالة
ترابط بين ثلاثة كواركات 222 • وبهذا فما

يسمى بـ « الدقائق الأولية » قد اختزل الآن الى الكواركات والالكترونات والنيوترينوات *

هل يمكن عزل الكواركات كدقائق طليقة ؟ *

لقد فُسلت حتى الآن جميع المساعي لتحقيق ذلك ، وتقوى الرأي المعاكس القائل بأن الكواركات لا يمكن ان توجد بحالة طليقة ، لأن القوى العاملة بينها في تماسكها لتكوين الدقائق ذات التفاعل القوي (كالبروتون والنيوترون) لا تتناقص بازدياد المسافة بينها ، انما تبقى على حالها أو قلما تزداد ! من يتضح ان الوضع هنا مخالف لقوة الجاذبية مثلاً أو القوة الكهربائية التي تتناقص بازدياد المسافة * ولكن عدم امكان عزل الكواركات بصورة طليقة لا يعني عدم وجودها ، لاننا نستطيع ان نتفحص النتائج التي تتولد من هذا الافتراض فحسباً تجريبياً بشكل ملموس *

كانت القوى الأساسية العاملة في الطبيعة تصنف حتى قبل بضع سنوات الى اربعة انواع :

١ - القوة الجاذبية ، المسؤولة عن تماسك النجوم في المجرات ، والكواكب في مساراتها ؛
٢ - القوة الكهربائية ، كالتجاذب بين الإلكترونات والنواة في الذرة ؛

٣ - القوة القوية ، المسؤولة عن بناء نواة الذرة (أي تماسك البروتونات والنيوترونات مع بعضها في النواة) ، وتنوع العناصر الكيميائية ؛ وهي المسؤولة أيضا عن إطلاق الطاقة في الانشطار النووي والاندماج النووي ؛

٤ - القوة الضعيفة ، المسؤولة عن تفسخ بيتا للنوى المشعة ، وهي التي تنظم تكون العناصر داخل الشمس عبر التفسخ الإشعاعي .

ولكن لماذا اربع قوى ؟

كان الفلاسنة الاقدمون ، والعلماء الاختصاصيون
فيسا بعد ، يسعون لأرجاع جميع احداث الطبيعة الى
قوى اساسية قليلة . وعلى هذا المنوال بذلت المساعي
الكبيرة بشكل متكرر لايجاد وحدة اعمق بين تلك القوى،
بالرغم من الفروق الكبيرة بينها . وفي عام ١٩٧٩ حصل
ثلاثة من الفيزيائيين النظريين (غلاشو وعبد السلام
وواينبرغ) على جائزة نوبل للفيزياء على نظريتهم الموحدة
للتفاعل الكهربا مغناطيسي والتفاعل الضعيف (سمي بـ
« التفاعل الكهربائي - الضعيف ») . ويذهب بعض
الفيزيائيين الى ان القوة الكهربائية - الضعيفة والقوة
القوية تتحدان مع بعضهما في طاقات عالية جدا (درجة
حرارة ٢٨١٠ مطلق) . وتتنبأ النظرية الموحدة الموسعة
بأن البروتون ليس بالدقيقة المستقرة ، كما اعتقد حتى
الآن ، انما يتفسخ بعمر نصفي قدرة ٣٢١٠ سنة ! فأن
نحقق هذا التنبؤ النظري تجريباً لكان ذلك برهاناً على
قراءة القوى الثلاث المذكورة مع بعضها . وتفيد بعض

التقارير الأخيرة ان تفسخ البروتون قد اكتشف فعلا
مختبرياً • واخيرا يجب ان تضم عملية التوحيد قوة
الجاذبية ايضا • فأن تم ذلك فإنه يعني ان فعل القوى
الأربع العاملة في الطبيعة ، المعروفة حتى الآن ، كلها
تعبير عن خاصية واحدة اساسية للمادة •

لا يمكن ، ولا يجوز ، تصور الدقائق الأولية
كحبات قد تجمع أو ترص لتكون وحدات اكبر ، كما
ترص مثلاً بلورات السكر الصغيرة لتكون قطعة السكر،
أو كما تجبل دقائق التراب لتكون لبنة (طابوقة) •
فالدقيقة الأولية تفقد هويتها عند بناء وحدة اكبر •
ويصح هذا بدرجة اعلى كلما ازدادت طاقة الربط • فأنا
نستطيع مثلاً ان نتعرف على الذرات في الجزيء ، أو
ان نغير ترتيبها ، بسهولة نسبياً ؛ وهذا ما يجري في
الكيمياء • ولكن تغيير ترتيب النيوكليونات في نواة
الذرة يستلزم (أو يطلق) طاقات اعلى من ذلك بكثير •
والفروق بين نواتج التفاعل كبيرة ايضاً • وتنعكس

هذه الخصوصية في ان نظرية الدقائق الأولية نظرية كوانتية ، أو انها تحتوي هذه في طياتها كحالة خاصة .

التعميمات الفلسفية للذرية الفيزيائية

اذا تفحصنا الصراع الذي دار حول الذرية منذ تأسيسها ، ودام ما يقارب الفين ونصف من السنين ، لوجدناه في الحقيقة صراعاً بين المادية والمثالية . فقد كان الجدل الفلسفي يدور منذ العصر القديم حول ما اذا كانت الجسيمات الأولية المفترضة (الذرات) هي جسيمات مادية أم فكرية ؛ وهل ان تلك الجسيمات الأولية هي « الاحجار » الاخيرة النهائية التي لا تتجزأ للمادة ، أم انها لا تصح كذلك الا في افق من المعرفة محدد تاريخياً ؟ . هنا يتضح الاتصال الوثيق بين جدلية عملية المعرفة وجدلية الطبيعة (في مسألة الذرية) .

تشارك الذرية اليوفانية التي تكون فيها الذرات جسيمات نهائية اخيرة غير قابلة للتجزئة ، والذرية

الميكانيكية في القرنين السابع عشر والثامن عشر القائلة بأن جميع الاجسام تتألف من دقائق مادية ، في فكرة « الأولية » ، حيث « الأولي » لا يمكن تجزئته • وقد ارتبطت في المادية الميكانيكية خاصية « الأولية » بخاصية عدم الحيازة على البنية (اللابنيائية) • وكانت البنية تفهم فهماً ستاتيكيًا جامدا ، اذ تعتبر البنى علاقات لا متغايرة (ثابتة) بين اجسام لا تتغير فما كان ذا بنية حسب هذا الفهم ، امكن تجزئته مبدئيا • وبالتالي كانت الاولى والبنائية (الحيازة على بنية) تقيضين لا يأتلقان •

اذا نظرنا الى تطور الفيزياء تاريخيا ، تبينت لنا فائدة الافكار الذرية دون ريب • ولكن تتبين لنا ايضا في نفس الوقت ضرورة الكف عن التفكير بوجود مكونات نهائية اخيرة غير قابلة للتجزئة للاجسام المادية • فجميع المعارف التي احرزناها عن بنية المادة تحمل طابعاً نسبياً ، ولكل مستوى من بنية المادة عرف في احدى

مراحل تطور العالم اكتشف بعده مستوى اوطأ ينتهي فيه اعتبار « ذرات » المستوى الاعلى « اولية » بالمعنى الأصلي للكلمة • ومن نسبية معرفتنا عن بنية المادة في كل مرحلة يجب استنتاج نسبية « الأولية » لأكثر الجسيمات « اولية » •

كان تصور وجود دقيقة مفردة طليقة لا تتفاعل امرا معتادا في الفيزياء الكلاسيكية ، وممكنا في الفيزياء الكوانتية غير النسبية • ولكن ذلك يصبح تجريدا غير مشروع في فيزياء الطاقة العالية (نظرية المجال الكوانتية النسبية) • فالدقائق في هذه النظرية تتفاعل دائما مع

مجالات الفراغ، حيث تطلق دقائق « كامنة virtual

وتمتصها ، فتتكون حول كل دقيقة « سحابة » من دقائق « كامنة » (ضمن حدود علاقة اللادقة الكوانتية للموضع والزخم) • و « السحابة » هي نتيجة معدل زمني لعدد هائل من عمليات مفردة ذات مدد قصيرة جدا

تجري بالتوافق مع القوانين الاحصائية للنظرية الكوانتية،
وبهذا تصبح فكرة البنية الستاتيكية (الجامدة) في
فيزياء الطاقة العالية غير صالحة * فأولية الشيء لا
تستبعد بنيانته في هذه النظرية ، ولهذا فأولية الدقيفة
يجب ان لا تساوى بفقدانها للبنية *

يمكن التعبير عن نسبية « الأولية » ايضاً بربط
مفهوم الأولية (بمعناه التقليدي الذي يستبعد البنية)
بفاصلة طاقة معنية * ففي الفيزياء الذرية (في فاصلة
الطاقة التي تمتد من بضعة الكترون فولت الى بضعة
كيلو الكترون فولت) يمكن اعتبار نواة الذرة
والالكترونات المحيطة بها كجسيمات اولية بالمعنى
التقليدي * وفي الفيزياء النووية (في فاصلة الطاقة
الممتدة من بضعة كيلو الكترون فولت الى بضع مئات
من ملايين الألكترون فولت) تعتبر البروتونات
والنيوترونات « دقائق اولية » * اما في فيزياء الطاقة
العالية (في طاقات تزيد على بضع مئات من ملايين

الالكترونون فولت) فيجب الحذر والتريث عند استعمال مفهوم « الدقائق الأولية » •

استنادا الى الصورة المعقدة لعمليات التحول المتنوعة لـ « الدقائق الأولية » لا يمكن الابقاء على فكرة ان هذه الدقائق هي الأحجار الاساسية لكل الاجسام المادية • فلو كان الامر كذلك لكنت تلك الدقائق ثابتة غير متبدلة ، ولا تتألف من مكونات اخرى • ولكنها في الواقع لا تحوز على خاصية « عدم التبدل » ابدا • وهنا ينشأ السؤال التالي : ألا يمكن ان تتألف هذه « الدقائق الأولية » من مكونات اكثر اولية ؟

لا يقدم يفسخ الدقائق غير المستقرة لنا دليلا على امكان تجزئتها أو بنائها من اجزاء اكثر اولية • فن بين نواتج التفسخ توجد دائما دقائق كتلتها تقارن بكتلة الدقيقة المتفسخة • ولذلك من الخطأ اعتبار نواتج التفسخ مكونات للدقيقة المتفسخة • و « الدقائق الأولية » لا

يسكن وصفها الا بكونها جسيمات فيزيائية اولية
نسبياً ، تساهم ككل في عمليات التفاعل ونسبية الأولية
في هذه المرحلة من كشف بنية المادة تستحق مواصلة
الدراسة لكي تصاغ بشكل ادق ، فالعدد الكبير من
الدقائق الأولية يجعل من الصعب القبول باعتبارها
« اولية » بالمعنى التقليدي *

ان عدم امكان عزل الكواركات كدقائق طليقة
وارتباطها دائماً مع بعضها في الدقيقة (الباربون او
الميزون) يدفع الى وجوب الكف عن مطلب قابلية
تجزئة الدقائق المرصودة ، دون هجر فكرة انها تتألف
من مكونات * فإذا فهم موديل الكوارك بهذا الشكل ،
توفر لنا شكل جديد من الذرية الفيزيائية التي تسمح
بوجود احجار اساسية للأجسام المادية ، ولكنها تمنع
عزل تلك الأحجار * وهذا ما يذكرنا بأيقور الذي كان
يفرق ما بين قابلية التجزئة الفيزيائية والرياضية * فسا

كان قابلاً للتجزئة رياضياً ، ليس من الضروري ان يكون قابلاً للتجزئة فيزيائياً •

النجاحات التجريبية والنظرية لفكرة الكوارك جعلت غالبية المختصين تعتقد بفائدة الذرية حتى في مستوى الجسيمات الميكروسكوبية التي كانت تسمى في السابق « دقائق اولية » ، واصبحت الكواركات تصنف مع ما يسمى بـ « الدقائق الأساسية » التي يعتقد بإمكان بناء جميع الدقائق المعروفة منها • وفي الدقائق الأساسية هذه نستطيع ان نرى « نسبية » اولية الجسيمات ، وتبرز للعيان في نفس الوقت فكرة عن « الأولية » تزداد تعقيداً • وكما تبين لنا جدلية المعرفة تعتبر الأنواع التالية من الدقائق اولية أو اولية نسبياً : دقائق توجد ملليقة (اللبتونات : الالكترونات والنيوترينوات) ، ودقائق اخرى « كامنة » تساهم في عمليات التفاعل ، أي انها مكونة للعملية (كوائتات التبادل) ، ودقائق ثالثة لا توجد الا في حالة مرتبطة (الكوارك) • وتعتقد فكرة

« الدقيقة الأولى » هذه قد يشير الى ضيق فكرة الذرية في المستوى الأدنى من بنية المادة • وعلى هذا ينتسأ السؤال التالي : اعتمادا على المعارف الراهنة في فيزياء الطاقة العالية ، هل يمكن التفكير بوجود احجار اساسية فيزيائية اخيرة للأجسام المادية ؟ كما يطرح مستوى البنية المادية للدقائق الأساسية المعروفة الآن اسئلة عديدة ليس لها في الوقت الراهن حل ، لا تجريبي ولا نظري •
هل هناك بديل عن الذرية ؟

بالرغم من ان الفكرة الذرية في فيزياء الدقائق الاولى قد اثبتت فائدتها حتى الآن ، توجد اسباب فيزيائية وفلسفية تدعو الى عدم اغفال بدائل هذه الفكرة اغفالا تاماً • ففي فيزياء الدقائق الأولى تلعب التناظرات دورا كبيرا • اذن ماذا سيكون الحال مثلا لو استعيض عن الدقائق الأولى بتناظرات المجال الموحد أو لا تناظراته ؟

لم يؤد أي من البدائل التي اقترحت الآن لاحتلالها محل الذرية الى أي نجاح فيزيائي يذكر . ولكن لبس هناك أي سبب يدعو الى نبذ أي واحد منها باعتباره غير صحيح . اما فزع تلك البدائل أو عدم نفعها فلا يستطيع الحكم به الا البحث الفيزيائي . ولهذا يترقب على البحث الفلسفي أيضا ازالة العوائق التي تقف امام أي جهد علمي يستهدف الكشف عن العالم الفيزيائي الأصغر ، سواء كان ذلك معتمدا على الفكرة الذرية أو بديلا عنها .

خلال تطور فيزياء الدقائق الأولية أصبحت فكرة الذرية أكثر دقة . فعلى مستوى « الدقائق الأولية » اتضحت نسبية أولية هذه الجسيمات بحيث أصبحت « الأولية » و « البنائية » خاصتين مترافقتين . وعلى مستوى « الدقائق الأساسية » اعتبرت اشد الجسيمات أولية كمكونات يظهر وجودها في الدقائق في حالات مرتبطة دائماً . وهجرت في فيزياء الطاقة العالية

الأفكار الذرية الميتافيزيقية القائلة بأن « الأولي » يوجد بذاته • واعتمادا على كل ماسبق ينبغي على فكرة الذرية ، لكي تكون مجدية لفيزياء الدقائق الأولية ان تأخذ بنظر الاعتبار المعارف المحرزة عن جدلية الأولية والبنائية ، والبنية والعملية ، والجزء والكل ، والاتصال والتقطع ، والمصادفة والضرورة •

القسم الرابع

الفيزياء في الصراعات الفكرية والاجتماعية

الفيزياء وفلسفة الطبيعة الغربية المعاصرة

« فلسفة العلم » الوضعية

« فلسفة العلم » الوضعية (تسمى أحياناً « الفلسفة التحليلية ») اتجاه فلسفي قديم الجذور — ذاتي ، في الفلسفة الغربية المعاصرة نشأ وتبلور في بداية القرن العشرين ، ثم تحور بأشكال مختلفة ، وتكمن خصوصية هذه الفلسفة في أنها تقتصر في مسائل العلم الفلسفية على التحليل البنيوي للمعارف العلمية الاختصاصية .

الموضوعة الأساسية لفلسفة العلم الوضعية هي
أن الفلسفة لا تستطيع أن تقدم مقولات عن العالم
وعلاقة الناس به ، وتذهب الى أن تقديم مقولات عن
الأشياء (العالم ، المعطيات ، الخبر الواقعية) هو من
واجب ما تسميه بـ « العلوم التجريبية » وحدها ، وأن
الفلسفة التي تتصف بالعلمية لا تستطيع - كما تدعي -
الآ تحليل مقولات تلك العلوم بأدوات ما يسمى بـ « علوم
البنية » . وكانت تلك الفلسفة تستخدم في البدايات
وسائل المنطق الرياضي (الرمزي) لتحليل لغة العلم ،
واخذت بعد ذلك تستخدم تكنيكات أخرى بتطور
علوم بنيوية جديدة يمكن بواسطتها تحليل المعرفة
العلمية .

لا شك أن التحليل العلمي البنيوي للمعرفة العلمية
الأختصاصية يقوم بوظيفة مهمة في البحث في العلم .
وهذا التحليل شرط ضروري للتعليمات النظرية العلمية
ولكن « فلسفة العلم » الوضعية تحصر البحث الفلسفي

بخصوص العلم بالتحليل الشكلي المذكور ، وتساوي ذلك التحليل بالفلسفة ، اي تعتبره هو الفلسفة وكفى .

بالرغم من ان جذور الفلسفة الوضعية تمتد الى ما قبل القرن التاسع عشر (هيوم ، بركلي) الا انها تبلورت في العصر الحديث على يد الفيلسوف الفرنسي اوگست كونت A. Comte (١٧٩٨ - ١٨٥٧) الذي حاول اختزال المعرفة الى المعطيات (الأيجابية) . اما السؤال عن جوهر المعطى وسببه فيجب ، حسب رايه ، نبذه من الفلسفة باعتباره شيئاً غير مشر . واتخذت الفلسفة الوضعية على يد ماخ Mach (١٨٣٨ - ١٩١٦) وغيره شكل « النقدية التجريبية » التي ترى ان واجب الفلسفة ينحصر في « تحليل الأحساسات » . فقد انكر ماخ امكانية كشف القوانين العامة للطبيعة والمجتمع ، وذهب الى ان المعرفة هي ترابط الأحساسات والتصورات

وان الأحساسات هي «عناصر العالم» وان «الأحساسات ليست صوراً للأشياء ، انما الشيء هو صورة ذهنية لمركب احساسي يتمتع باستقرار نسبي » ليست الأشياء (الأجسام) ، انما الألوان والأصوات والضغوط والفضاءات والأزمنة (ماندعوه عادة بالمحسوسات) هي في الواقع عناصر العالم » * وتعتبر النقدية التجريبية مفاهيم فلسفية مثل السببية والضرورة « مجرد صور فكرية » نشأت عن التعود على هذا النوع من التفكير *

الشكل الثالث للفلسفة الوضعية هو الوضعية الجديدة او « الوضعية المنطقية » ، جوهر فلسفة العلم الوضعية * فقد حاولت « الواقعية الجديدة » ربط فكرة « الواقعية » الفلسفية ببعض نتائج المنطق الرياضي الحديث ، اذ واصل برتراند رسل (١٨٧٢ - ١٩٧٠) والفريد وايتهد (١٨٦١ - ١٩٤٧) عمل فريگه G. Frege (١٨٤٨ - ١٩٣٥) ، وساهما مساهمة

هامية في تطوير المنطق الحديث ، وعالجا في نفس الوقت مسائل فلسفة العلم على اساس الواقعية الجديدة .
ففي مؤلفهما « الأسس الرياضية » (١٩١٠ - ١٩١٣) حاولا تقديم برهان على الموضوعة القائلة بأن الرياضيات يمكن ان ترجع كلياً الى المنطق . وذهب رسل الى ان الأشياء المادية تركيبات منطقية استمدت من معطيات الحس الواقعية والممكنة ، وان الفلسفة الخالصة ستسير على نفس الطريق الذي سارت عليه الرياضيات . واستنتج ، اعتمادا على تطور المنطق الرياضي ، ان المنطق قد ابعد مسألة العالم المادي عن ميدان الفلسفة (معرفتنا عن العالم الخارجي - ١٩٢٦) . وبهذا لم يقتصر على ارجاع الرياضيات وحدها الى المنطق ، وانما الفلسفة ايضاً . وذهب الى ان واجب الفلسفة هو تحليل لغة العلم بمساعدة المنطق الحديث ، وعليها استبعاد جميع المقولات والأصطلاحات « الميتافيزيقية » اي تلك الأحكام والمفاهيم التي تتضمن تعميمات

المعارف الموضوعية عن العالم • وبهذا اسس الموضوعية
الرئيسية لفلسفة العلم الوضعية •

اتخذت « الوضعية الجديدة » في ما بعد الحرب
العالمية الأولى وبداية العشرينات شكل « الذريسة
المنطقية » التي ساوت بين بنية العالم وبنية المنطق
الرياضي • فقد ذهب رسل ووايتهيد الى ان العالم يتألف
من احداث ذرية ، وتتميز هذه الأحداث بأنها تقابل
مباشرة قضايا اولية منطقية ترتبط بمعطيات الحس •
وذهب رسل الى انه لا توجد مادة ولا روح ، انما توجد
معطيات حسية مفردة فقط ، ترتبط ببعضها ارتباطاً
منطقياً ، وتؤلف « الواقعي الوحيد » •

خلق فتغنشتاين L. Wittgenstein

(١٨٨٩ - ١٩٥١) في كتابه « رسالة منطقية فلسفة »
(١٩٢١) الشروط الضرورية لبناء « فلسفة العلم »
الوضعية بناء كلاملا (بشكل « التجريبية المنطقية » في

البداية) . فذهب الى ان العالم يتألف من احداث بسيطة لا يعتمد احدها على الآخر بأية وسيلة ؛ وان اللغة ، وهي واسطة لتصوير الاحداث ونقل الافكار ، لا بد ان تكون شبيهة في بنيتها لما تصوره ، وان اساس العلم « جمل » اولية تكتسب « بالخبرة » وتفحص « بالوقائع » . وقد عرف رسل هذه « الوقائع » في مقدمته لـ « رسالة » فتغنشتاين بأنها « ما يجعل الجمل صحيحة أو خطأ » ؛ وبهذا ابان الاساس المثالي — الذاتي لتلك الفكرة الفلسفية . وكان فتغنشتاين يرى ان « مجموع الجمل الصحيحة ... هو مجموع علوم الطبيعة . والفلسفة ليست من علوم الطبيعة ؛ وهدفها توضيح الأفكار توضيحاً منطقياً . الفلسفة ليست علماً ، انما هي ممارسة ؛ ونتيجة العمل الفلسفي ليست جملاً فلسفية ، انما توضيح الجمل » (٥٥) . وكان يرى ان المنطق والرياضيات علمان صحيحان صحة خالية من الفحوى ، أي انهما لا يقولان شيئاً عن الواقع . ولكن

في ذلك اغفالا لحقيقة ان الرياضيات والمنطق يعكسان العلاقات العامة بين الاشياء الحقيقية واصنافها بشكل بالغ التجريد والتعقيد .

تعتبر الفلسفة الوضعية ، ولا سيما الشكل الحديث منها ، الوضعية المنطقية أو التجريبية المنطقية ، من اكثر التيارات الفلسفة نفوذا في العالم الرأسمالي ، ومن اكثرها عدااء للأيدولوجيا الاشتراكية والفلسفة العلمية . وهي تحاول الظهور بالمظهر العلمي ، والحياد ازاء الصراعات الاجتماعية ، رغم عدائها للعلم والاشتراكية ، وتعرقل نفاذ الفلسفة العلمية الى العلوم الاختصاصية ، وتمنع تبني علماء الطبيعة في تفكيرهم للفلسفة العلمية وهي تعبر عن صفتها المعادية للعلم بأصرارها على البقاء في المستوى التجريبي ورفض التعميمات النظرية وفصل الاشياء والظواهر من علاقتها التاريخية وارتباطاتها ببعضها والنظر اليها باعتبارها اشياء وظواهر منفردة . وكلمة كارناب « ليس في العلم عمق ، انما هو سطح

فقط » تعبر عن هذا الاتجاه تعبيراً مركزاً واضحاً .
فالوضعية لا تعترف بوجود حقائق وراء الظواهر ،
وترمي الى البقاء في مستوى الظواهر السطحية للعمليات
الطبيعية والاجتماعية ، دون الغوص الى اسبابها
وارتباطاتها وقوانينها .

الفيزيائية

من اهم اهداف التجريبية المنطقية بناء العلم على
نموذج الفيزياء الرياضية . ولكن هذه الأمثلة المبتغاة
في « علم موحد » لم يكن يقصد بها عكس وحلقة العالم
المادية عكساً مناسباً ، انما الوحدة الشكلية للعلوم على
اساس المنطق الرمزي فقط . فتبعاً « للفيزيائية » لا
تتمايز العلوم المختلفة عن بعضها بسبب انطوائها على
مواضيع مختلفة ناشئة عن ترابطات مختلفة في الواقع
الموضوعي ، انما بسبب استخدامها « لغات علمية »
مختلفة ، وان هذه اللغات العلمية المختلفة يمكن ان تترجم

الى لغة علم واحد هو الفيزياء • فالفيزيائية هي القون
بأمكان اختزال جميع المفاهيم العلمية الى مفاهيم اللغة
الفيزيائية ، أو امكان ترجمة اية مقولة علمية الى مقولات
اللغة الموحدة الفيزيائية •

تتخلص موضوعات الفيزيائية في ما يلي :

١ - ان مواضيع البحث في جميع العلوم
الأختصاصية - عدا الرياضيات والمنطق - هي من نوع
واحد ، ويمكن دراستها بطريقة واحدة : حقائق أو
احداث في المتصل الفضازماني يمكن رصدها •

٢ - الحقائق المفردة تقدم مباشرة كأحاساسات
متقطعة ، يعبر عنها بـ « جمل تقريرية » • وهذه الجمل
التقريرية تصاغ في « اللغة التقريرية » بدون تكوين
مفاهيم أو تعميمات نظرية • وكل انسان يمارس عملية
المعرفة يستعمل لغته الخاصة •

٣ - تشتق من الجمل التقريرية جمل علمية ،
نصاغ في اللغات الأختصاصية للعلوم المفردة •

٤ — كل علم يستعمل لغة خاصة به ، مما يجعل

التشابه بين العلوم صعباً •

٥ — تمتاز لغة الفيزياء على لغات جميع العلوم

الأخرى بكونها لغة عامة تصلح لمختلف العلوم • فكل مفهوم علمي اختصاصي يمكن ارجاعه الى مفاهيم اللغة الفيزيائية ، وكل جملة علمية اختصاصية يمكن ترجمتها الى جملة أو أكثر في اللغة الموحدة الفيزيائية •

٦ — يصبح «التحقق» من الجمل العلمية ممكناً

بعد صياغتها في جمل فيزيائية • وتؤلف الجمل العلية في مجسوعها نظام « العلم الموحد » حيث تزول فيه الخطوط الفاصلة بين العلوم المختلفة • وكل المقولات والترضيات والنظريات التي لا يمكن ادخالها في نظام « اللغة الموحدة » أو « العلم الموحد » تعتبر اما خطأ أو « ميتافيزيقية » « غير ذات معنى » — كما تنعتها الوضعية الجديدة •

غير ان محاولة ارجاع جميع المفاهيم العلية الى عدد قليل من « المفاهيم الأساسية » الفيزيائية بطريقة تعريفية ، محاولة عقيمة هجرها كارناب نفسه ، وصاغ الخطة التالية كمنهاج للبحث : يمكن اختزال مفاهيم الكيمياء الى مفاهيم الفيزياء ، ومفاهيم البيولوجيا الى مفاهيم الكيمياء والفيزياء ، ومفاهيم علم النفس الى مفاهيم البيولوجيا والفيزياء ، ومفاهيم علم الاجتماع الى مفاهيم علم النفس والبيولوجيا والفيزياء . ويجب الانتباه هنا الى ان « المفهوم » لا تعتبره « الوضعية الفيزيائية » انعكاساً فكرياً معماً لأشياء وحقائق موضوعية ، انما هو مجرد « كلمة » يعبر بها عن مجموعة اشياء أو حقائق أو احداث .

و « المفرد » (شيء أو حقيقة) هو بالنسبة للفيزيائية مجموع خواصه . وهذا غير صحيح فحتى لو امكنا معرفة جميع خواص الشيء (وهذا غير ممكن في الواقع) فلا يمكن لمجموع الخواص استيعاب جوهر الشيء ، لان

معرفة جوهر الشيء تستوجب معرفة علاقاته بالأشياء
الأخرى ، وخواصه التي تميزه عنها .

بأرجاع جميع المفاهيم العلمية الى مفاهيم فيزيائية
تثبت «سيما نطيقيا» أي بتحليل معاني الكلمات ، حيث
لا يؤخذ بنظر الاعتبار الا معايير فيزيائية قابلة للقياس
كمياً ، تلتقي الوضعية الفيزيائية بـ « الميكانيكية » ،
فمنا تضسحل وتختني جميع الاختلافات النوعية لاشكال
وجود المادة .

فكرة الفيزيائية في امكان اختزال جميع مفاهيم
العلوم المفردة الى مفاهيم اللغة الفيزيائية محاولة أريد بها:
(١) تحويل المسألة الفلسفية والعلمية بخصوص وحلة
العلم الى مسألة الى مستوى لغوي علمية « داخلية » ،
وحلها على اساس علم مفرد ؛ و (٢) نقل تلك المسألة
الى مستوى لغوي صرف ، وبهذا تجنب مسألة موضوعية
العالم الخارجي ، ووحدته المادية ، وصفته الجدلية .
وقد تبين عمليا ان هذه الاهداف ناتجة عن توجه غير

صحيح مارس تأثيراً معرقلاً على عملية تحقيق وحدة
العلم الحقيقة •

الاصطلاحية conventionalism — — — —

الأصطلاحية تيار فلسفي مثالي — ذاتي ، يذهب
الى ان المفاهيم والقوانين والمبادئ والنظريات والفرضيات
العلمية هي في الغالب ، أو على الأقل جزئياً ، مجرد
اصطلاحات يتفق عليها العلماء اتفاقاً حراً كيفياً • ونبعا
لذلك لا يتعين اختيار المفاهيم والقوانين الأساسية لأي
حقول من حقول العلم بالشيء الموضوعي المدروس نفسه •
انما باعتبارات ذاتية كالسهولة والمنفعة والبساطة
والإيفاء بالغرض •

يعتبر الرياضي الفيزيائي الفرنسي بوانكاريه

H. Poincaré (١٨٥٤ — ١٩١٢) مؤسساً

للاصطلاحية • وكانت نقطة انطلاقه في هذا الاتجاه
حقيقة ان نظرية ماكسويل للمجال الكهربامغناطيسي لا
يمكن ان تختزل الى تصورات ميكانيكية مباشرة ، انما

ترتبط بتلك التصورات عن طريق تأويلات عديدة .
فذهب الى ان الفرضيات والمفاهيم والافكار الاساسية
في الفيزياء النظرية والرياضيات ليست انعكاساً لمعطيات
واقعية موضوعية ، انما هي اصطلاحات واتفاقات تثبت
من اجل ترتيب الخبرة العملية ترتيباً « مريحاً » يفي
بالفرض . وقد استنتج من « ازمة الفيزياء » التي انبثقت
في نهاية القرن التاسع عشر ، و « الأنهار العام للمباديء »
الفيزيائية ، استنتاجات مثالية ذاتية . ونشأت عن اسلوب
التفكير هذا افكار لا ادريية : فالعلم تبعاً لذلك لا يستطيع
معرفة الطبيعة الحقيقية للاشياء ، أي جوهر ظواهر
الطبيعة كالحرارة والضوء والكهربائية وغيرها .

اصبحت الاصطلاحية منذ ذلك الحين تعود
للظهور ، لا في التحليل الفلسفي للرياضيات وعلوم
الطبيعة النظرية وحدها ، انما للعلوم الأخرى ايضاً ،
خاصة المنطق وعلم اللغة . فاعتماداً على واقع ان بعض
الحقائق يمكن وصفها بواسطة هندسات مختلفة

(اقليدية ولا اقليدية) على السواء ، ولغات مختلفة ، يستنتج هؤلاء الموضوعات القائلة بأن كل معرفة علمية تعتمد بالاساس على اصطلاحات يتفق عليها . وغالباً ما نجد عناصر من الاصطلاحية في التيارات الفلسفية البرجوازية المتأخرة ، كما في الوضعية الجديدة والبراغماتية والأجرائية . ويذهب بعض الاصطلاحيين الى أن جميع احكامنا الاتحدد بشكل واضح بواسطة معطيات الخبرة العملية وحدها ، انما تعتمد ايضا على جهاز المفاهيم الذي اخترناه . فباختيار جهاز آخر من المفاهيم يمكن ان تتغير صورة العالم التي لدينا بأجمعها .

وتستند الاصطلاحية على حقيقة ان المعادلات الرياضية يمكن ان تفسر تغيرات علمية نظرية مختلفة ، فتستنتج من ذلك ان النظرية العلمية لا تعدو عن كونها مجردبنية منطقية ليست لها صلة بالواقع الموضوعي . ولكن الاصطلاحية بهذا المنحى لا تستطيع ان تفسر تطور العلم والنظريات العلمية ، ولا الصلة القائمة

بين العلوم على أساس ان لها هدفاً مشتركاً ، هو معرفة
العالم المادي •

تستخدم الاصطلاحية بعدد من القوانين الأساسية
الموثوقة لنظرية المعرفة العلمية • فالاصطلاحية تتجه كلياً
أو في الغالب الى الصفة « الادائية » للمفاهيم والمبادئ
العلمية ، وتهمل صفتها العكسية التصويرية او تنكرها •
وهي لا تعترف بالصفة التقريبية للعكس العلمي للواقع
الموضوعي ، أو تعتبره خطأ ، لأنها لا تعتبر التقريب
وحدة جدلية من التماثل والخلاف • وهي تفصل بطريقة
ميتافيزيقية الشكل عن المحتوى ، والمنطقي عن التجريبي ،
وتنظر الى الجانبين باستقلالهما عن بعضهما ، وتهمل
التمييز بين العناصر الاصطلاحية وغير الاصطلاحية عند
تحليل الحقول العلمية ، وبهذا ترفض النظرية في تعقد
العلاقات وتعددتها بين النظرية والتجريب ، كما تبخس
من قيمة تأثير المعطيات التجريبية في بناء الجهاز النظري ،
وتغالي في تقييم الاصطلاحات ، وبهذا تخطيء في تقدير

أهميتها الحقيقية •

Opertionalism

الأجرائية

الأجرائية تيار فلسفي مثالي — ذاتي معاصر ،
أسسه وطوره الفيزيائي الأمريكي بريجمان
(١٨٨٢ — ١٩٦١) (منطق P.W. Bridgeman)

الفيزياء الحديثة — ١٩٢٧) ، ويتألف من عناصر من
الوضعية المنطقية والبراغماتية ، ويذهب الى ان المفاهيم
والمقولات العلمية لا تحوز على معنى الا اذا استندت
على عمليات فيزيائية (كالقياسات مثلا) ، أو إن أي
مفهوم لا يمكن تحديد معناه الا بواسطة « الإجراءات »
التي تستخدم لاختباره • اما المفاهيم التي لا تحدد
بالإجراءات فتعتبر « خالية من المعنى » • وهكذا تنكر
الأجرائية موضوعية محتوى « المفهوم » •

وقد يحوز المفهوم الواحد تبعاً للأجرائية على معانٍ
مختلفة ، مادام يتعلق بعمليات فيزيائية مختلفة مستقلة

عن بعضها • مثال ذلك : في قولنا « درجة الحرارة اليوم ٢٥° » و « درجة الحرارة داخل النجمة مليون درجة » يحوز مفهوم « درجة الحرارة » معنيين مختلفين تماماً ، لأن العمليتين الفيزيائيتين اللازمتين لقياس درجة الحرارة في الحالتين تختلفان عن بعضهما اختلافاً كلياً •

« الإجراءات » التي يعنيها هذا التيار الفلسفي الذي ينعتة اصحابه ، أو يريدون له ان يكون ، « فلسفة علم الطبيعة » هي اما براغماتية أو « فكرية » أو « لفظية » • وبجمع المفاهيم المحددة اجرائياً تتكون الجمل ، وبجمع هذه الجمل تتكون النظرية — على رأي الاجرائيين •

تشارك الاجرائية مع جميع التيارات الفلسفية الوضعية في انها تستعيز عن البحث في جوهر الأشياء بالبحث في العمليات الواجب اجراؤها لتحديد المفاهيم ، أي انها تستعيز عن سؤال « ماذا ؟ » بسؤال « كيف ؟ » ، وترفع ذلك الى مصاف مبدأ فلسفي •

وبهذا تتجنب المسألة الأساسية في الفلسفة • فإذا كنا لا ندرك من المفاهيم إلا الإجراءات اللازمة لتحديدها ، يصبح ادراك الأشياء نفسها بالاستقلال عن تلك الإجراءات أمراً لا معنى له • وبهذا تهمل الحقيقة الموضوعية تماماً ، لأن الحقيقة تبعاً للأجرائية لا تعني سوى التحقق من مقولات معينة • وهنا يجري خلط بين محتوى المعرفة واسلوب التحقيق منها • غير ان التحقيق أو البرهان ليس مساوياً لمحتوى المعرفة ، انما هو عملية تثبت بواسطتها الحقيقة الموضوعية للمعرفة • فمقولة واحدة ، ذات محتوى موضوعي واحد ، يمكن التحقق منها ، أو البرهان عليها ، بطرق مختلفة ، مع عدم تغير محتوى تلك المقولة • وليس في هذا انتقاص من اهمية البرهان والتحقق من المقولات في عملية المعرفة ، ولكن يجب التفريق دائماً بين الحقيقة واسلوب التحقق منها أو برهنتها •

علم الطبيعة والمجتمع

الطبيعة والمجتمع

نشأ العلم والتكنيك من النشاط الإنتاجي ، من عمل الإنسان ، وتبادله مع الطبيعة • وقد كان التقدم العلمي والتكنيكي يرتبط منذ القدم ارتباطاً وثيقاً بالتقدم الاجتماعي • وبين تطور العلم والتكنيك في البلدان الاشتراكية بصورة واضحة في الوقت الراهن انه لا يمكن الاستفادة من النتائج العلمية والأنجازات التكنيكية استفادة تامة موجهة لخير الشعب الا عند الأقتصار على استخدامها من اجل صالح المجتمع ، وعدم استخدامها لأغراض الربح والحرب الأمبريالية • فنسو الإنتاج في الاشتراكية ليس هدفاً قائماً بذاته ، وليس وسيلة لتحقيق المزيد من الأرباح ، انما هو جزء من التطور الاجتماعي ، وهدفه المركزي : رفاه الشعب واشباع الحاجات المتنامية لكل فرد •

يوجد بين التقدم العلمي - التكنيكي والتقدم
الاجتماعي علاقة متبادلة وثيقة * غير ان هذه الرابطة
ليست مباشرة آنية ، انما تتوسط بين الاثنين حلقات
عديدة * فالتقدم العلمي - التكنيكي لا يسحب وراءه
التقدم الاجتماعي بشكل اوتوماتيكي ، وانجازات العلم
والتكنيك لا تستطيع وحدها ان تحل المشاكل
والتناقضات الاجتماعية في النظام الاجتماعي الغربي
السائد ، ولا تلغي الصراع الطبقي او تجعله ثانوياً *
وهي في نفس الوقت ليست سبباً لبعض الظواهر
والخصومات الاجتماعية - كما يزعم العديد من المفكرين
الغربيين كاعتبار التقدم العلمي - التكنيكي سبباً
للبطالة مثلاً * ومن الجهة الأخرى يتضح ان المزايا التي
يأتي بها النظام العلمي الاجتماعي لتطوير العلم والتكنيك
لا تصبح فعالة بشكل اوتوماتيكي *

يزداد اهتمام العلم بالعلاقات الراهنة بين الإنسان
والطبيعة ، الظروف الطبيعية للوجود والتطور

الاجتماعي • فقد وصلت البشرية الآن الى مرحلة من التفاعل المتبادل مع الطبيعة بحيث اصبح من الواجب ان تحسب جميع الموارد والظروف في كوكبنا • فاستعمال الثروات الطبيعية التي لا يمكن استعادتها (كالنفط مثلا) تزداد زيادة هائلة كل سنة — اذ يخزن ان استهلاك موارد الطاقة الطبيعية سيكون في الثلاثين سنة الأخيرة من هذا القرن (١٩٧٠ — ٢٠٠٠) اعلى من استهلاكها منذ عام ١ حتى عام ١٩٧٠ اما موازنة الموارد الطبيعية التي تستعاد فتعاني تغيرا بصورة واضحة — فمن ٣٠٠٠ كيلومتر مكعب من الماء مثلا تؤخذ كل سنة من الأنهار للري والصناعة والأحتياجات العامة ، يعود اكثر من ١٠٠٠ كيلو متر مكعب بحالة ملوثة سيئة جدا الى الأنهار • كل ذلك يدعو الى التأمل الجدي في حالة الثروات الطبيعية وفي تغيرات البيئة الطبيعية التي قد تكون لا انعكاسية (لارجعة فيها) وغير مرغوب بها لحياة البشر •

لم يحدث في تاريخ البشرية ان العلم عجز عن حل
المشاكل التي واجهت البشرية . وقد اثبت تطور العلم
والتكنيك ان الأفكار المتشائمة عن مستقبل الإنسان
افكار غير معقولة . الا ان هذا يجب ان لا يكون
اساساً لتفاؤل وهمي كاذب بالعلم والتكنيك ، يبالغ
في امكانياتهما بالاستقلال عن الظروف الاجتماعية .
ومن الجهة الأخرى يجب ان نسعى للكشف عن الجوانب
الجديدة نوعياً للمشاكل الراهنة ، وحلها على مقياس
عالمي ، وفي القطر الواحد ايضاً . ومن هذه الجوانب
الجديدة نوعياً في العلاقة الراهنة بين الإنسان والبيئة
تأثير الإنسان على الطبيعة تأثيراً شاملاً واسعاً مكثفاً ،
يجعل من الضروري السعي لأيجاد حل عالمي للمشاكل
الناشئة .

هنا يكون الأمن والسلام اهم شرط لحل جميع
المشاكل الأخرى . فسباق التسلح ، اضافة الي ما يحمله
من خطر كارثة نووية ، تبذير لامعنى له للثروات

المادية والفكرية للبشرية التي تحتاجها لمكافحة
الجوع والمرض والامية ، ولحل المشاكل الاجتماعية
ومشاكل البيئة والمواد الأولية .

تطور العلم والنظرة للعالم

تنشأ من التطور الراهن في العلم والتكنيك مشاكل
معقدة عديدة ، ينبغي على البشرية حلها . فتأثير المعارف
العلمية - الطبيعية والأنجازات التكنيكية على المجتمع
يتجسد بشكلين : الأول يتوجه لخير البشر (كصنع
المكائن والأجهزة التي تسهل العمل ، وتطوير مصادر
جديدة للطاقة والاستفادة منها ، وتركيب مواد جديدة
عديدة لها فائدة عملية كبيرة ، وزيادة الغلة في
الزراعة ...) ، والثاني يلحق الضرر بالبشر (كأسلحة
الآبادة الجماعية ، والبطالة في العالم الرأسمالي بسبب
تزايد استخدام المكائن الأوتوماتيكية ، والأساءة الى
العلاقة بين الإنسان والبيئة) . وتنتج من ذلك مسائل
تظفر عالمية عديدة بخصوص العلاقة بين التقدم العلمي

— التكنيكي والتقدم الاجتماعي ، منها :

— ماهي الأخطار الحقيقية التي تنتج من تجارب الأسلحة النووية وسباق التسلح الذي تفرضه الأمبريالية ، واستخدام الأسلحة الكيماوية والبيولوجية على صحة الناس وتوازن البيئة ؟ •

— هل ان استخدام احدث المعارف العلمية في التكنيك مفيد للإنسان دائماً وعلى الإطلاق ، ام ينشأ من ذلك ضرر بحيث يصبح من الضروري كبح جراح التقدم العلمي — التكنيكي لصالح البشرية ؟ •

— هل يتطابق تطور العلم والتكنيك مع الطموحات الخيرة للبشرية ام يتعارض معها ؟ •

وهنا يدور البحث حول مسائل فطر عالمية عن فحوى الحياة ، وموقع الإنسان في العالم ، وطبيعة التقدم الاجتماعي •

النظرية الفلسفية ليست وصفة جاهزة ، انما تشرى وتندقق دائماً بالمعارف العلمية الاختصاصية •

فالتطور الراهن في علوم الطبيعة يأتي بعدد من المعارف
والاكتشافات التي ، ان عمت فلسفياً ، يمكن ان تساهم
في تطوير النظرية الفلسفية الجدلية كنظرية للتطور
والرابطة العامة . فنتائج البحث في حقل الدقائق الأولية
يمكن ان تؤدي الى معارف جديدة في مسألة الذرية
الفلسفية ، وتطور التكنيك والعلوم التكنيكية
يؤدي الى معارف جديدة بخصوص جدلية الطبيعي
والاجتماعي ، والرابطة بين الأشكال المختلفة لحركة
المادة .

مسؤولية العالم الاخلاقية

الاكتشافات في علم الطبيعة بذاتها ليست صالحة
او طالحة ، حسنة او سيئة ، بشكل مجرد ، انما تصبح
كذلك في ظل علاقات اجتماعية معينة ، قد تدعم استغلال
الإنسان وتسبب الحرب ، او تحرر الإنسان من الاستغلال
وتقضي على اسباب الحروب .

والعلم يستطيع ان يساهم بشكل جذري في
عملية تحرير الإنسان تلك ، كما يستطيع تغيير الإنسان
نفسه ، وتغيير نمط حياته ♦

ومن الأكيد ان البحث العلمي لن يتوقف ♦ لذلك
علينا ان ندرك الخير والشر الذي يأتي به العلم ♦
والعلم نفسه يقدم لنا الوسائل لدعم الخير ودرء
الشر ♦

قد يقال ان مسؤولية العالم تنحصر في ان يهتم
باستخدام اكتشافاته ومعارفه العلمية استخداماً سليماً
لمنفعة البشر ♦ ولكن كيف يستطيع ذلك ؟ فقد يعيش في
مجتمع ليس له تأثير فيه على استخدام اكتشافاته ♦ وقد
تؤدي الاكتشافات الأساسية ، كالكشاف اوتوهان
لانشطار نواة اليورانيوم ، الى نتائج مختلفة تماماً لا
يسكن التنبؤ بها في الغالب (كصنع القنبلة الذرية) —
أي ان المسألة لا تنحصر في علاقة العالم باكتشافاته
ومعارفه فقط ؛ انما يتحمل واجب السيطرة على العلم ،

الى جانب المسؤولية الشخصية للعالم . وهذا يقودنا
ثانية الى قضية العلاقات الاجتماعية السائدة التي
تؤثر على طابع تلك السيطرة .

لقد فتح انتاج اسحلة الأباداة الجماعية واستخدامها
اعين الكثير من الناس ، والعلماء منهم ، على اخطار
الأكتشافات العلمية . فحين علم اوتوهان ، مكتشف
انشطار اليورانيوم ، برمي القنابل الذرية على المدن
اليابانية ، تألم كثيرا للنتائج التي ادى اليها اكتشافه .
وفي ٧ آب (اغسطس) ١٩٤٥ (اليوم التالي لألقاء القنبلة
الذرية على هيروشيما) كتب احد اصدقائه الذي كان
وقتذاك معتقلا معه ومع علماء آخرين ، في مذكراته
اليومية : « بروفسو هان الحزين ! لقد حدثنا ذات يوم
انه حين علم بالاثار المريعة التي يحوزها انشطار اليورانيوم
لم يذق طعم النوم ليالي عديدة ، ... وذهب به انزعاجه
الى التفكير في ما اذا كان بالامكان رمي كل اليوانيوم
في البحر ، بغية تجنب مثل تلك الكارثة » (٥٦) .

تبدو دراسة الفحوى الانساني للبحث العلمي اشد من ذلك تعقيدا عند النظر في اخطار اخرى • لناخذ مثلا تسمم الطبيعة بواسطة المواد الكيماوية المستعملة لمكافحة الحشرات الضارة • والنجاح في هذه المكافحة بالتخلص من الحشرات الضارة وزيادة الغلة يمرر هذا العمل • ولكن قد تتطور اثناء ذلك حشرات ضارة ذات مقاومة اكبر ، مما يتطلب زيادة قوة السموم • وقد يظهر مفعول جانبي بسبب ذلك ، لأن تلك السموم لا تبيد الحشرات الضارة وحدها ، وانما تبيد أشكلا اخرى من الحياة ايضا • ويمكن ايراد امثلة الكيمياء والصيدلية وعلم الوراثة ، نظراً لاهميتها للانسان • فألى مدى مثلا يصح استعمال العقاقير الطبية ؟ واين تبدأ اساءة استعمالها ؟ والى أي النتائج تؤدي « الهندسة الوراثية » ؟ ليس من السهل الأجابة على هذه الاسئلة اذا اردنا تجنب الأبتذال والسطحية •

والتطور التكنيكي يساعد اليوم على سد حاجة الكثير من الناس من المعلومات والأخبار عن طريق وسائل الأعلام الجماهيري ، كالصحافة والراديو والتلفزيون ، واطلاعهم على الثروة الثقافية من الماضي والحاضر . ولكنه يؤدي ايضاً الى التلاعب بالوعي في ظروف رأسمالية الدولة الاحتكارية . فالإعلان والدعاية ترسم للعلاقات الاجتماعية والفرد صورة ناقصة مشوهة . والكثير من الناس يتلقفون هذه الصورة وكأنها صحيحة من حيث لا يشعرون .

أريد بهذه الأمثلة القليلة ان توضح المخاطر التي قد تنشأ من اساءة استغلال المعارف العلمية على الإنسان وعلى التطور الاجتماعي .

يوضع البحث العلمي احياناً ، وبصورة خاطئة ، فوق الإنسان الذي يجب ان يكون العلم خادماً له ، ويعزل عن مصلحة الإنسان تماماً ، ويقنع بقناع « البحث المجرد » دون اعتبار للنتائج . ولكن اذا اتخذت المعرفة

مقياساً وحيداً للبحث العلمي ، دون تحديد الهدف
الإنساني أصبح الإنسان مجرد أداة للعلم ، وفقد
سيطرته على نتائج البحث العلمي . هنا تصبح العلاقة
بين العلم والإنسان مسألة يجب ان تدرس وتحل بأسلوب
علمي ايضا .

فإذا اقتصر المرء على اعتبار التوصل للحقيقة هي
القيمة الوحيدة للعمل العلمي ، فذلك يعني ان مسؤولية
العالم لا تكمن الا في البحث عن الحقيقة في العلاقات في
الطبيعة . هكذا كانت الأبحاث التي استهدفت صنع
القنبلة الذرية بالنسبة لفرمي « فيزياء جميلة » ! ولكن
الروح الإنسانية تتطلب عدم الاقتصار على فحص صحة
المقولات والفرضيات العلمية ، انما تستلزم ايضاً تحديد
قيمتها بالنسبة للناس عند استخدامها . الا ان ذلك يثير
الكثير من المصاعب امام علماء الطبيعة في البلدان
الرأسمالية الذين يرون الطريق مسدوداً امام تحقيق
اهدافهم الإنسانية . ولا يسكن حل هذه المشكلة نظرياً

الا بعدم الأقتصار على ادراك اهمية علم الطبيعة في تطوير القوى المنتجة ، انما يجب ايضاً معرفة دور علاقات الانتاج في تطوير المؤسسات والأفكار الاجتماعية ، بما في ذلك الأفكار المتعلقة بقيمة العلم . وتلك مهمة كثيرة التعقيد دون شك ، لأنها تستلزم الاحاطة ببعض المعارف العلمية — الاجتماعية ، ومعرفة علاقة العلم بالاقتصاد والسياسة والأيدولوجيا كأساس يعتمد عليه في اتخاذ القرارات الاخلاقية .

الهوامش

1. A. Einstein/L. Ifeld, Die Evolution der Physik, Hamburg 1956, S. 42.
2. W. Heisenberg, in : A. Einstein/M. Born, Briefwechsel 1916 - 1955, Hamburg 1972, S. 9 - 10.
3. P. Langevin, La pensée et l'action, Paris 1950.
4. C.W. v. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, Stuttgart 1970, S. 201.
5. H. v. Helmholtz, Populärwissenschaftliche

- Vorträge, Heft 1, Braunschweig 1865, S. 7.
6. F. Engels, Dialektik der Natur, Berlin 1973, S. 202.
 7. W.I. Lwow, Albert Einstein -eLeben und Werk, Leipzig 1957, S. 99.
 8. W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Berlin 1959, S. 113.
 9. C.F. v. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, Stuttgart 1958, S. 80.
 10. H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1966, S. 88.
 11. M. Born, Physik, im Wandel der Zeit, Braunschweig 1959, S. 36.
 12. M. Born, Physik, und Politik, Göttingen 1960, S. 44.
 13. I. Newton, Opticks, London 1704, Q. 31.
 14. W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Leipzig 1945, S. 108.
 15. E. Mach, Erkenntnis und Irrtum, Leipzig 1917, S. 283.
 16. P.S. Laplace, Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit, Leipzig 1932, S. 1 f.
 17. H. v. Helmholtz, zitiert nach : Einstein/In-

- feld, Die Evolution der Physik, Hamburg 1959, S. 85.
18. H. Hörz, Materialistische Dialektik und Naturwissenschaften, in : Hörz/Röseberg (Hrsg.), Materialistische Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis, Berlin 1981, S. 49.
 19. M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1957, S. 49.
 20. F. Exner, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften, Wien 1910, S. 701.
 21. M. Planck, Wege zur physikalischen Erkenntnis, Leipzig 1944, S. 64.
 22. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Wien 1904, S. 524.
 23. C.W.F. Hegel, Wissenschaft der Logik, 1, Teil, S. 141.
 24. W. Heisenberg, Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, Z. Physik 43 (1927), S. 172.
 25. B. Spinoza, Ethik, Leipzig 1949, S. 31.
 26. H. Hörz, Der dialektische Determinismus in

- Natur und Gesellschaft, Berlin 1971, S. 196 ff.
27. I. Lakatos, in : Lakatos/Musgrave (Hrsg.), Kritik und Erkenntnisfortschritt, Braunschweig 1974, S. 181.
 28. A.F. Joffe, Begegnungen mit Physikern, Leipzig 1967, S. 60.
 29. Bernal, Die Wissenschaft in der Geschichte, Berlin 1967, S. 304.
 30. A. Einstein, Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, Berlin 1970, S. 65.
 31. A. Einstein, ebenda.
 32. I. Kant, Kritik der reinen Vernunft, Leipzig 1956, S. 457.
 33. I. Feuerbach, Kleine philosophische Schriften, Leipzig 1950, S. 65.
 34. F. Engels, Werke, Bd. 20, Berlin 1962, S. 48.
 35. A.D. Alexandrow, Die moderne Naturwissenschaft, Moskau 1969, S. 219.
 36. V.A. Vock, Quantenphysik und Struktur der Materie, in : Struktur und Formen der Materie, Berlin 1969, S. 149.
 37. Heber/Weber, Grundlagen der modernen

- Quantenphysik, Leipzig 1969, S. 56.
38. M. Born, Physik im Wandel der Zeit, Braunschweig 1959, S. 179.
 39. P. Jordan, Das Bild der modernen Physik, Berlin 1957, S. 45.
 40. P. Jordan, Physik im Vordringen, Braunschweig 1940, S. 71.
 41. W. Heisenberg, Zeitschrift für Physik, 43 (1927), S. 197.
 42. W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Leipzig 1945, S. 53.
 43. ebenda, S. 57.
 44. ebenda, S. 66.
 45. N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung, Berlin 1931, S. 36.
 46. W. Pauli, Aufsätze und Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie, Braunschweig 1961.
 47. E. Schrödinger, Was ist ein Naturgesetz?
In : Naturwissenschaften, 17 (1929), S. 74.
 48. M. Born, Physik und Politik, Göttingen 1960, S. 8.

49. M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1959, S. 101.
50. ebenda, S. 104.
51. ebenda, S. 179.
52. A. Einstein, Bemerkungen, in : Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher, Stuttgart 1955, S. 494.
53. ebenda.
54. A. Einstein, nach M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1959, S. 228.
55. L. Wittgenstein, Tractatus Logico-Philosophicus, Frankfurt/Main. 1964.
56. E. Bagge, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, Hamburg 1957, S. 57.

المراجع

1. J.D. Bernal, Die Wissenschaft in der Geschichte, Berlin 1967.
2. N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung Berlin 1931.
3. M. Born, Physik im Dandel der Zeit, Braunschweig 1959.
4. K. Delokarov, Relativitätstheorie und Materialismus, Berlin 1977.
5. A. Einstein, Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, Berlin 1970.
6. A. Einstein, Grundzüge der Relativitätstheorie, Berlin 1970.
7. Einsten/Infeld, Evolution der Physik, Hamburg 1956.
8. Erpenbeck/Hörz, Philosophie contra Naturwissenschaft?, Berlin 1977.
9. V.A. Fock, Über die Interpretation der Quantenmechanik, in : Philosophische Probleme der modernen Naturwissenschaft, Berlin 1962.
10. N. Hager Modelle in der Physik, Berlin 1982.

11. W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Frankfurt/M. 1955.
12. H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1968.
13. H. Hörz, Materiestruktur,, Berlin 1971.
14. H. Hörz, Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1974.
15. H. Hörz, Physik und Weltanschauung, Berlin 1975.
16. H. Hörz, M. Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1976.
17. H. Hörz, Mensch contra Materie?, Berlin 1976.
18. H. Hörz, Zufall - eine philosophische Untersuchung, Berlin 1980.
19. Hörz/Pöltz (Hrsg.), Philosophische Probleme der Physik, Berlin 1978.
20. Hörz/Röseberg (Hrsg.), Materialistische Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis, Berlin 1981.
21. Hörz/Omeljanovski (Hrsg.), Experiment-Modell-Theorie, Berlin 1982.
22. H. Korch, Das Problem der Kausalität, Berlin 1965.

23. H. Ley, Bemerkungen zu den Beiträgen von Max v. Laue und R. Havemann, in : Naturwissenschaft und Philosophie, Berlin 1960.
24. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Wien 1904.
25. R. Mocek, Gedanken über die Wissenschaft, Berlin 1980.
26. M. Plank, Wege zur physikalischen Erkenntnis, Leipzig 1944.
27. U. Röseberg, Determinismus und Physik, Berlin 1975.
28. U. Röseberg, Quantenmechanik und Philosophie, Berlin 1978.
29. U. Röseberg, Philosophie und Physik, Leipzig 1982.
30. J. Schreiter, Zur Kritik der philosophischen Grundpositionen des Wiener Krieses, Berlin 1977.
31. Steinberg/Griese/Grundmann, Relativitätstheorie und Weltanschauung, Berlin 1967.
32. H.J. Treder, Philosophische Probleme des physikalischen Raumes, Berlin 1974.
33. H. Vogel, Zum philosophischen Wirken Max Planks, Berlin 1961.

34. H. Vogel, Physik und Philosophie bei Max Born, Berlin 1968.
35. C.F.v. Weizsäcker, Die philosophische Interpretation der modernen Physik, Leipzig 1972.
36. Wollgast/Teinz (Hrsg.), Dialektik in der modernen Naturwissenschaft, Berlin 1973.

x x x x x

37. Hörz/Löther/Wollgast (Hrsg.), Philosophie und Naturwissenschaften - Wörterbuch, Berlin 1978.
38. Klaus/Buhr (Hrsg.), Philosophisches Wörterbuch, Leipzig 1976.

القسم الثالث : بعض النظريات الفيزيائية ومسائلها الفلسفية

- ٥ - الميكانيك
- ٦ - الثرموديناميك
- قوانين الثرموديناميك الرئيسية
- التفسيرات الفلسفية للقانون الثاني للثرموديناميك
- ٧ - النظرية النسبية
- النظرية النسبية الخاصة والعامة
- الاهمية الفلسفية للنظرية النسبية
- الفضاء والزمان في الفيزياء
- الفضاء والزمان في الفلسفة
- النسبي والمطلق والنظرية النسبية
- النظرية النسبية والكوسمولوجيا
- الكون والانتهائية
- ٨ - النظرية الكوانتية
- ثنائية الدقيقة الموجة
- النظرية الكوانتية
- علاقة اللادقة
- مبدأ التكميلية
- مبدأ التطابق
- قابلية الرصد
- مدرسة كوبنهاغن

- ٩ - الدقائق الاولى
- الذرية في التاريخ
- فيزياء الدقائق الاولى
- التعميمات الفلسفية للذرية الفيزيائية

القسم الرابع : الفيزياء في الصراعات الفكرية والاجتماعية

- ١٠ - الفيزياء وفلسفة الطبيعة البرجوازية المعاصرة
 - « فلسفة العلم » الوضعية
 - الفيزيائية
 - الاصطلاحية
 - الاجرائية
- ١١ - علم الطبيعة والمجتمع
 - الطبيعة والمجتمع
 - تطور العلم والنظرة للعالم
 - مسؤولية العلم الاخلاقية

رقم الايداع في المكتبة الوطنية - بغداد
(١٣٤٦) سنة ١٩٨٥

حزب الحرية للطباعة - بغداد
١٩٨٥ م

٢٥٨

الموسوعة الصغيرة

تأليف د. أحمد محمد شوقي
مجلد أول - علوم القرآن والعلوم الإسلامية
تصنيف دار الحركة الشورية الثقافية والنشر
مطبعة دار الحركة الشورية

رقم التسجيل: ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠
سنة النشر: ١٩٨٠

الكتاب المطبوع

Library of the University of Alexandria
0450983